

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI VITERBO**

**DIPARTIMENTO DI TECNOLOGIE, INGEGNERIA E**

**SCIENZE DELL'AMBIENTE E DELLE FORESTE**

**CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA**

**“SCIENZE E TECNOLOGIE PER LA GESTIONE FORESTALE E AMBIENTALE”**

**XXI CICLO**

**APPLICAZIONE SPERIMENTALE E CONTESTUALIZZAZIONE DI MODELLI  
PREVISIONALI PER LA PROTEZIONE DELLE COLTURE DAI PATOGENI, AI FINI  
DELLA RIDUZIONE DEGLI INPUT CHIMICI**

**(AGR/02)**

**Coordinatore: Prof. Antonio Leone**

**Firma .....**

**Tutor: Prof. Vito Felice Uricchio**

**Firma .....**

**Dottoranda: Claudia Carpino**

**Firma .....**

# INDICE

- I. PREMESSA
- II. INTRODUZIONE
- III. I PRODOTTI FITOSANITARI
  - III. a) INQUADRAMENTO NORMATIVO
- IV. PREDISPOSIZIONE DELLA BANCA DATI
  - IV. a) DATI DI VENDITA
  - IV. b) STIMA DEI CONSUMI REALI DEI PRODOTTI FITOSANITARI
  - IV. c) VALUTAZIONE DEI PRODOTTI PIÙ DIFFUSI IN PUGLIA SU CUI APPROFONDIRE GLI ASPETTI TOSSICOLOGICI
  - IV. d) CARATTERIZZAZIONE SECONDO LE CLASSI TOSSICOLOGICHE
  - IV. e) ORGANIZZAZIONE DEI DATI
- V. L'AGROMETEOROLOGIA
- VI. CONTESTO OPERATIVO: LA RETE AGROMETEOROLOGICA PUGLIESE
- VII. CENNI SUI MODELLI MATEMATICI
- VIII. MODELLISTICA IMPIEGATA
  - VIII. a) SUBROUTINE 1: MODELLO GRADI GIORNO
  - VIII. b) SUBROUTINE 2: MODELLO GRADI GIORNO
- IX. IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI PREVISIONALI
- X. ATTIVITA' DI CALIBRAZIONE
- XI. RISULTATI E DISCUSSIONE
- XII. CONCLUSIONI
- XII. BIBLIOGRAFIA

## **I. PREMESSA**

Il settore della produzione agricola vive un momento di intensivizzazione colturale, con conseguente sovra sfruttamento delle risorse e massiccio ricorso a fertilizzanti e fitofarmaci, che producono impatti a vari livelli, coinvolgendo la qualità delle acque e del suolo, l'ecosistema naturale, la salute degli operatori agricoli.

D'altra parte, la crescente attenzione all'ambiente ed alla qualità delle produzioni vegetali rende rilevante l'adozione di tecniche di difesa integrata in agricoltura, finalizzate alla razionalizzazione ed alla riduzione dei fitofarmaci. Attraverso trattamenti fitoiatrici mirati, localizzati e opportunamente programmati, è possibile ridurre sensibilmente i quantitativi di principi attivi, conseguendo un vantaggio di tipo qualitativo e sanitario sui prodotti e sugli operatori agricoli ed, al contempo, una diminuzione delle pressioni sulle componenti ambientali acqua e suolo.

I modelli previsionali, capaci di allertare l'utenza agricola contro i danni di una probabile infezione parassitaria, offrono di fatto la possibilità di concentrare i trattamenti nel periodo di maggiore sensibilità, così da orientare le scelte agronomiche verso soluzioni colturali a minore impatto ambientale.

L'attività di ricerca proposta si prefigge di implementare e validare alcuni modelli previsionali per la difesa delle colture agrarie, producendo strumenti operativi funzionali alla gestione e definizione di adeguate strategie di difesa fitoiatrica che consentano una sostanziale riduzione degli input chimici in agricoltura.

## II. INTRODUZIONE

I prodotti fitosanitari hanno un ruolo determinante nell'attuale agricoltura, essendo usati per difendere le colture da parassiti e patogeni, per controllare lo sviluppo di piante infestanti e per assicurare l'ottenimento di elevati standard di produzione e di qualità dei prodotti agricoli. Tuttavia, la lotta ad agenti parassitari e patogeni è operata attraverso sostanze tossiche, in alcuni casi cancerogene, teratogene e genotossiche, il cui utilizzo improprio determina rischi e pericoli per la salute umana, animale e per la qualità dell'ambiente (degrado delle comunità microbiche del suolo, desertificazione, inquinamento delle falde, etc.). Il loro impiego, infatti, ha un impatto ormai largamente confermato sulle proprietà fisico - chimiche dei suoli, sulla micro e macro-fauna e sulla contaminazione delle acque superficiali e sotterranee.

Da tale scenario ne consegue la necessità di limitare al minimo necessario l'uso delle sostanze attive in agricoltura, nella logica di progredire verso pratiche agronomiche più evolute e sostenibili. Un primo segnale positivo in tale direzione si è già registrato negli ultimi 10 anni in cui si sono evidenziate le seguenti variazioni:

- l'impiego dei prodotti fitosanitari nel complesso ha registrato una progressiva riduzione: circa il 6%;
- il calo interessa fungicidi (-3,2%), insetticidi e acaricidi (-14,5%) e tutti gli altri prodotti chimici di sintesi (18,6%). Gli unici formulati in crescita sono gli erbicidi (+5,8%);
- la tossicità dei prodotti si riduce sia in valore assoluto che in valore percentuale. Infatti, i prodotti classificati come "molto tossici" e "tossici" diminuiscono di 7,2 milioni di quintali (-40,3%) e quelli "nocivi" di 1,2 milioni di quintali (-5,6%);
- i prodotti di origine biologica sono in crescita.

Con riferimento a questo ultimo aspetto, occorre sottolineare che un numero crescente di aziende agricole sono passate da forme convenzionali di produzione a quella biologica. Questa ultima considera un uso meno intensivo dei suoli, attraverso l'applicazione di pratiche di coltivazione

che escludono del tutto o riducono il ricorso a sostanze chimiche di sintesi. Ciò è potuto avvenire grazie a una duplice serie di fattori: le favorevoli condizioni climatiche agronomiche e di mercato e gli incentivi comunitari messi a disposizione delle imprese agricole per il passaggio alla gestione biologica.

Accanto al valido contributo offerto dalle forme di agricoltura biologica, bisogna certamente considerare l'alternativa proposta dalla "lotta guidata" alla tradizionale pratica della "difesa a calendario", caratterizzata, quest'ultima, da trattamenti intensivi e spesso irrazionali.

La lotta guidata si basa essenzialmente sulla razionalizzazione dei trattamenti chimici, regolati dalla definizione di una soglia economica di intervento. Tale soglia quantifica un livello di infestazione limite, al di sopra del quale si verificano danni tali da giustificare l'uso dei pesticidi. In tale ottica nasce la necessità di approfondire le conoscenze sul complesso agro – ecosistema e di integrare le analisi sperimentali con le tecniche statistiche multivariate, sempre più sofisticate.

Diversi modelli matematici vengono attualmente utilizzati come supporto alla definizione di adeguati piani di concimazione. I modelli, pertanto, oltre allo scopo primario di allertare l'utenza agricola contro i danni di una probabile infezione parassitaria, vogliono rappresentare uno strumento in grado di indirizzare l'utenza stessa verso tecniche colturali a basso impatto ambientale.

L'attività di ricerca proposta, coerentemente con gli obiettivi di tutela del suolo e della qualità delle acque, si pone l'obiettivo ambizioso di contribuire all'individuazione di strumenti di gestione e pianificazione in grado di ridurre gli input chimici sulle matrici ambientali.

Il lavoro è stato condotto in collaborazione con il CNR - Istituto di Ricerca sulle Acque di BARI, il Dipartimento di Tecnologie, Ingegneria e Scienze dell'Ambiente e delle Foreste dell'Università degli studi della Tuscia di Viterbo e l'Associazione Regionale dei Consorzi di Difesa della Puglia.

Per il conseguimento di risultati misurabili e ripetibili, sono stati implementati alcuni modelli previsionali per la difesa delle colture agrarie, di seguito specificati ed opportunamente illustrati. Questi ultimi, calibrati e validati, hanno rappresentato gli strumenti operativi cui si è fatto ricorso per soddisfare le finalità sopra descritte.

Il percorso seguito nelle attività di studio e ricerca è stato complesso e articolato, con obiettivi modulati in maniera scalare.

La prima fase dell'attività di ricerca si è articolata nelle seguenti azioni:

- 1) valutazione ed analisi della modellistica più efficace utilizzata a livello internazionale;
- 2) raccolta dati inerenti la commercializzazione dei prodotti fitosanitari in Italia, con particolare riferimento al territorio pugliese;
- 3) stima dei consumi reali dei prodotti fitosanitari;
- 4) valutazione comparativa dei prodotti fitosanitari più diffusi in Puglia su cui approfondire gli aspetti tossicologici;
- 5) caratterizzazione secondo le classi tossicologiche dei principi attivi commercializzati in Puglia.

Le attività sopra descritte hanno portato ad una caratterizzazione completa del territorio, relativamente ai consumi e agli impieghi di prodotti fitosanitari.

Nel secondo anno di attività sono stati conseguiti i seguenti obiettivi:

- 1) predisposizione di una banca dati attraverso l'impiego dei dati analitici raccolti nelle prime fasi della ricerca;
- 2) implementazione e calibrazione dei modelli matematici previsionali per la difesa delle colture agrarie;
- 3) verifica preliminare dei risultati attesi.

La fase finale dell'attività di studio è stata riservata alla validazione degli strumenti modellistici – matematici in nostro possesso, al fine di verificarne l'efficacia per una

implementazione degli stessi a scala regionale in un contesto di risparmio ed ottimizzazione nell'impiego di prodotti fitosanitari.

### **III. I PRODOTTI FITOSANITARI**

I prodotti fitosanitari hanno un ruolo determinante nell'attuale agricoltura, essendo usati per difendere le colture da parassiti (soprattutto insetti e acari) e patogeni (batteri, virus, funghi), per controllare lo sviluppo di piante infestanti e per assicurare l'ottenimento di elevati standard di produzione e di qualità dei prodotti agricoli. Tuttavia, il contrasto ad agenti parassitari e patogeni è operato attraverso sostanze tossiche (in alcuni casi cancerogene, teratogene, genotossiche etc.), il cui utilizzo improprio determina rischi e pericoli per la salute umana, animale e per la qualità dell'ambiente (degrado delle comunità microbiche del suolo, desertificazione, inquinamento delle falde, etc.). Infatti, il loro impiego ha un impatto ormai largamente confermato sulle proprietà fisiche e chimiche dei suoli e sulla micro, meso e macro-fauna e sulla contaminazione delle acque superficiali e sotterranee.

Da tale scenario ne consegue la necessità di limitare al minimo necessario l'uso delle sostanze attive in agricoltura nella logica di progredire verso forme più evolute di agricoltura sostenibile. Un primo segnale di positivo, in tale direzione si è già registrato negli ultimi 10 anni in cui si sono evidenziate le seguenti variazioni:

- l'impiego dei prodotti fitosanitari nel complesso ha registrato una progressiva riduzione (tranne nel 2002) di circa il 6%;
- il calo interessa sia i fungicidi (-3,2%) sia gli insetticidi e acaricidi (-14,5%) e gli altri (18,6%), mentre gli unici formulati in crescita sono gli erbicidi (+5,8%);
- la tossicità dei prodotti si riduce sia in valore assoluto sia in percentuale; infatti i molto tossici e tossici diminuiscono di 7,2 milioni di quintali (-40,3%) e quelli nocivi di 1,2 milioni di quintali (-5,6%);
- i prodotti di origine biologica sono in crescita.

Con riferimento a questo ultimo aspetto, occorre sottolineare che un numero crescente di aziende agricole sono passate da forme convenzionali di produzione a quella biologica. Quest'ultima



considera un uso meno intensivo dei suoli, attraverso l'applicazione di pratiche di coltivazione che escludono del tutto o riducono il ricorso a sostanze chimiche di sintesi (sia fertilizzanti sia fitofarmaci). Ciò è potuto avvenire grazie a una duplice serie di fattori: le favorevoli condizioni climatiche agronomiche e di mercato e gli incentivi economici comunitari messi a disposizione delle imprese agricole per il passaggio alla gestione biologica, inizialmente per i soli prodotti vegetali e successivamente anche zootecnici. La Puglia è una tra le regioni con il maggior numero di aziende e la maggiore superficie, destinate a produzioni biologiche, con uno degli indici di crescita più alti; lo stesso trend è confermato per l'Italia tra i Paesi dell'UE. La produzione biologica è fortemente concentrata nelle regioni meridionali, prime tra tutte Sardegna, Sicilia e Puglia, e le colture più importanti per estensione sono quelle foraggere, il girasole e tra le fruttifere, gli agrumi e l'ulivo.

### **III. a) INQUADRAMENTO NORMATIVO**

La legislazione comunitaria sui pesticidi opera una distinzione tra “*sostanze attive*” e “*prodotti fitosanitari*”. La sostanza attiva è l’ingrediente che veicola l’attività biologica; il prodotto fitosanitario è la forma in cui tale sostanza viene immessa in commercio. Altri ingredienti potranno migliorare l’aderenza alla superficie delle piante o contribuire a ottenere una miscela omogenea e stabile con l’acqua nel serbatoio della polverizzatrice. Accade spesso che all’interno di uno stesso prodotto fitosanitario siano presenti più sostanze attive e che una stessa miscela contenga vari prodotti fitosanitari. I due principali strumenti giuridici a livello comunitario sono la direttiva 91/414/CEE del Consiglio relativa all’immissione in commercio dei prodotti fitosanitari e la direttiva 79/117/CEE del Consiglio relativa al divieto di immettere in commercio prodotti fitosanitari contenenti determinate sostanze attive.

L’obiettivo principale della direttiva 91/414/CEE del Consiglio è garantire che i singoli prodotti fitosanitari immessi nel mercato comunitario non producano effetti dannosi sulla salute umana o animale, né abbiano conseguenze inaccettabili per l’ambiente. La direttiva ha armonizzato le disposizioni già in vigore nella maggior parte degli Stati membri in materia di condizioni e procedure di autorizzazione dei prodotti fitosanitari. Essa prevede che possono essere autorizzate singolarmente dagli Stati membri solo le sostanze attive rispetto alle quali le valutazioni condotte hanno dimostrato esservi possibilità d’uso e che non comportano rischi inaccettabili per la salute umana e per l’ambiente, mentre le sostanze attive per le quali non è stata dimostrata l’assenza di rischi, devono essere ritirate dal commercio. La direttiva contiene anche un sistema per la valutazione dei rischi dei prodotti fitosanitari da utilizzare per le autorizzazioni negli Stati membri. Essa prevede altresì la possibilità di limitare l’autorizzazione ad alcuni usi soltanto e di fissare specifici requisiti nell’applicazione, ad esempio per quanto riguarda la sicurezza degli operatori o la protezione delle acque.

La direttiva ha avviato un programma di 12 anni per il riesame di tutte le sostanze attive presenti sul mercato comunitario alla data di entrata in vigore della direttiva stessa. Una carenza importante della direttiva 91/414/CEE è il fatto di basarsi principalmente sulla valutazione degli effetti dei singoli composti, senza valutare a fondo gli effetti aggiuntivi o sinergici potenziali delle miscele contenenti più sostanze attive. Il Sesto programma di azione per l'ambiente considera perciò essenziale la piena applicazione e il riesame della direttiva per garantire un livello elevato di protezione della salute umana e animale e dell'ambiente.

Il quadro normativo in materia di fitofarmaci è estremamente articolato e consta (nel luglio 2006) di:

- n.107 Direttive, Decisioni, Comunicazioni, Raccomandazioni della Commissione e del Consiglio della Comunità Europea;
- n.170 Leggi, Decreti Legislativi, Decreti del Presidente della Repubblica e Decreti Ministeriali emanati in Italia,
- n.78 Leggi, Decreti e Delibere di Giunta approvate ed adottate nelle Regioni italiane.

Tali normative sono finalizzate alla gestione delle buone pratiche agricole, alla riduzione dei rischi derivanti dall'uso dei fitofarmaci, definendo una serie di limiti alle loro concentrazioni nella frutta e nei vegetali, nei cereali e nei prodotti di origine animale, all'armonizzazione delle regole nazionali (per gli aspetti relativi alla classificazione, al confezionamento e all'etichettatura di fitofarmaci e delle sostanze attive), come anche per la registrazione, la commercializzazione e l'uso.

In particolare le norme in materia possono essere classificate in funzione degli aspetti che affrontano in:

✓ ***norme che fissano i livelli massimi di residui*** (Maximum Residue Levels - MRL) negli alimenti. Esse fissano gli MRL per le combinazioni di prodotti contenenti fitofarmaci sulla base

delle buone pratiche agricole e tenuto conto della dose giornaliera accettabile (Acceptable Daily Intake - ADI). Gli MRL dovrebbero garantire l'accettabilità tossicologica della probabile esposizione ai fitofarmaci e sono sottoposti a un riesame costante. Nell'ottica di futuri miglioramenti si potranno valutare gli effetti potenziali cumulativi di diversi prodotti fitosanitari di cui non si tiene sempre conto nel fissare gli MRL;

✓ *norme per il controllo e la riduzione della contaminazione delle acque superficiali e sotterranee* La nuova Direttiva quadro in materia di acque (2000/60) segna una svolta nella politica della Comunità in questo settore verso l'istituzione di un quadro organico ed integrato per la valutazione, il controllo e la gestione di tutte le acque superficiali e sotterranee in base al loro stato ecologico e chimico. Gli obiettivi e i principi enunciati nella direttiva 91/414/CEE per i pesticidi si sono tradotti in obiettivi per la totalità delle risorse idriche e saranno attuati a livello di bacini idrografici. Con l'adozione di questa direttiva quadro, la politica comunitaria per le acque si ancora solidamente al principio di precauzione e all'uso sostenibile delle risorse idriche. Nella direttiva quadro sulle acque sono stati incorporati i requisiti ambientali aggiornati della direttiva sulle acque superficiali esistente (75/440/CEE), della direttiva concernente l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico (76/464/CEE) e della direttiva concernente le acque sotterranee (80/68/CEE). Queste direttive saranno abrogate nel 2013, quando la direttiva quadro in materia di acque sarà pienamente operativa. Per la protezione delle acque superficiali, la direttiva introduce alcuni criteri per la stesura di un elenco di sostanze prioritarie e di sostanze pericolose prioritarie che richiedono l'adozione di misure specifiche, come ad esempio standard di qualità e controlli di emissione, per ridurre o porre fine alle emissioni, allo scarico e alle perdite. Nel 2001 è stato adottato un elenco di 33 sostanze prioritarie (Decisione n.2455/2001/CE del Parlamento europeo e del Consiglio), di cui 13 sono usate nei prodotti fitosanitari. Gli Stati membri e le Regioni stanno lavorando alla definizione di programmi completi di misure nell'ambito dei piani di gestione dei

bacini idrici, che comprendano misure contro l'inquinamento provocato dai pesticidi: lavori che dovranno essere completati entro il 2009;

✓ *norme per il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori* concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro, in particolare sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro e l'osservanza di requisiti minimi di sicurezza e di salute per l'uso delle attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori durante il lavoro.

I fitofarmaci, come noto, sono prodotti concepiti per combattere forme di vita indesiderate, pertanto sono sostanze xenobiotiche, dannose in generale per gli organismi viventi. Nonostante le attività di ricerca nel settore siano state orientate alla produzione di principi attivi specifici per le differenti esigenze agronomiche, i prodotti fitosanitari possono generare effetti negativi anche su organismi diversi dal bersaglio diretto della loro azione. La contaminazione del suolo da fonti d'inquinamento puntuali e diffuse ha pertanto implicazioni sulla qualità dei prodotti agro – alimentari, sulla qualità delle risorse idriche e, di conseguenza, sulla salute umana. L'esigenza di un uso dei pesticidi compatibile con la tutela dell'ambiente e della salute umana risulta di conseguenza un fatto ampiamente riconosciuto.

L'incremento dell'utilizzo di pesticidi e contaminanti in agricoltura, legato alla possibilità di ottenere maggiori quantità di prodotti e con migliori caratteristiche, ha provocato un incremento dei livelli di nutrienti e pesticidi nelle acque sotterranee. In realtà una dettagliata caratterizzazione del livello d'impatto indotto dalle fonti diffuse d'inquinamento legate alle attività agricole, è estremamente complessa a causa delle articolate interazioni tra uso del suolo e pratiche colturali, tipologie di prodotti chimici, suolo e condizioni climatiche.

In aggiunta, oltre a fertilizzanti chimici di natura inorganica, si utilizzano anche fertilizzanti organici che introducono nel terreno grossi quantitativi di nutrienti quali (nitrati,

fosfati e sali potassici) che oltre allo sviluppo delle colture determinano un incremento dell'attività batterica. L'incremento delle sostanze umiche nel terreno produce inoltre altri effetti, quali: perdita della capacità dei suoli di trattenere acqua, riduzione della capacità di adsorbimento ed una maggiore resistenza all'acidificazione (potere tampone). Per tali motivi si usa integrare i fertilizzanti inorganici con almeno un 40% di fertilizzanti organici, che permettono di migliorare le caratteristiche dei suoli e di conseguenza le condizioni di sviluppo delle piante.

I pesticidi sono prodotti chimici utilizzati per il controllo degli insetti, dei funghi o di altri organismi indesiderabili. Attualmente sono presenti sul mercato, oltre 32.000 tipi differenti di pesticidi con oltre 1.800 tipi di principi attivi diversi.

Circa il 70% delle pratiche colturali richiede l'utilizzo di pesticidi, che sono comunque sostanze chimiche tossiche e di conseguenza la loro concentrazione nelle acque sotterranee necessita di un attento monitoraggio.

La potenziale presenza di pesticidi nelle acque di falda, può essere talora esaltata in presenza di acquiferi caratterizzati da un grado di vulnerabilità elevato.

Per il controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili, occorre approfondire la conoscenza relativamente agli aspetti riguardanti la tipologia e la quantità dei prodotti fitosanitari immessi nell'ambiente, le modalità di diffusione e gli effetti sugli organismi viventi.

Uno tra gli obiettivi del lavoro di ricerca è stato quello di completare ed integrare le conoscenze sui rischi connessi all'utilizzo dei prodotti fitosanitari, nonché quello di organizzare in maniera efficace tutte le informazioni territoriali ed ambientali disponibili, attraverso una stretta cooperazione tra la Regione (Assessorati all'Ecologia, alle Opere Pubbliche, alle Risorse Agroalimentari, ed alle Politiche della Salute), l'Agenzia Regionale per la Protezione

dell'Ambiente Puglia, le Aziende Sanitarie Locali, le Aziende ospedaliere, l'Istituto Superiore di Sanità, etc.

Lo stato di attuazione delle indagini ed i risultati emersi durante il periodo di monitoraggio, hanno consentito di formulare pareri e proposte relative all'adozione di misure cautelative e mitigative.

#### **IV. PREDISPOSIZIONE DELLA BANCA DATI**

Di seguito la descrizione delle fasi e delle attività realizzate per ottenere un portale dinamico e funzionale: la banca dati tossicologica.

##### **IV. a) DATI DI VENDITA**

L'utilizzo dei prodotti fitosanitari rappresenta un'informazione indispensabile per una corretta programmazione delle attività, sia per i controlli ambientali, sia per il controllo ufficiale degli alimenti. Una stima attendibile dell'utilizzo dei prodotti fitosanitari può essere ricavata dai dati di vendita, nell'ipotesi che l'agricoltore utilizzi i formulati nel corso dell'anno di acquisto. In Italia esistono due Enti che forniscono dati relativi alle vendite di prodotti fitosanitari: ISTAT e SIAN del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. L'ISTAT elabora annualmente le vendite dei prodotti fitosanitari e i quantitativi delle sostanze attive, sulla base delle dichiarazioni delle ditte che producono e commercializzano i prodotti fitosanitari. I dati presentati da ISTAT non permettono di risalire ai quantitativi delle sostanze attive, in quanto sono raggruppati per categorie (esempio: fungicidi) e famiglie (esempio: fungicidi triazoli).

Per calcolare i quantitativi delle sostanze attive vendute sono stati utilizzati i dati SIAN relativi ai prodotti fitosanitari derivanti dalle dichiarazioni semestrali dei rivenditori dei prodotti fitosanitari (D.M. 217/91 attuativo dell'articolo 15, comma del D.P.R. 236/1988). Dal 2003 le dichiarazioni rivenditori dei prodotti fitosanitari sono annuali in base al D.P.R. 290/2001.

I quantitativi delle sostanze attive sono stati calcolati mediante un programma di conversione dei dati SIAN relativi ai formulati commerciali; tale programma utilizza una banca dati che contiene la composizione dei prodotti fitosanitari. Si tenga presente che fino al 2001 grossisti e rivenditori presentavano i dati di vendita direttamente al Ministero dell'Agricoltura; successivamente si è pensato di alleggerire la procedura demandando alle ASL e alle Regioni la competenza.



Queste ultime si occupano di trasferire i relativi dati, già assemblati, al Ministero. Il nuovo sistema adottato ha però creato non pochi ritardi ed allo stato attuale sono ancora in fase di recupero i dati di vendita del biennio 2002 – 2004.

I dati elaborati, pertanto, propongono una stima aggiornata al 2001.

#### **Dati di vendita in Puglia 2001**

<b>SOSTANZA ATTIVA</b>	<b>Kg</b>	<b>UTILIZZO</b>
RAME OSSICLORURO	288084	FUNGICIDA
ZOLFO	234651	FUNGICIDA
CARBARIL	211322	INSETTICIDA
PYMETROZINE	175325	INSETTICIDA
MANCOZEB	153364	FUNGICIDA
GLIFOSATE	77077	DISERBANTE
OLIO MINERALE	60120	INSETTICIDA
RAME SOLFATO	39287	FUNGICIDA
DICLOROPROPENE-1,3	28327	DISERBANTE-NEMATOCIDA
PARATION	28050	INSETTICIDA
DIMETOATO	24079	INSETTICIDA - ACARICIDA
ZIRAM	20774	FUNGICIDA
BARIO POLISOLFURO	20260	INSETTICIDA-FUNGICIDA
RAME IDROSSIDO	18791	FUNGICIDA
PROPARGITE	18588	ACARICIDA
AZINFOS METILE	16822	INSETTICIDA
FORATE	16055	INSETTICIDA
DAZOMET	15928	INSETTICIDA-FUNGICIDA-DIS.
PARAQUAT	15898	DISERBANTE
ACEFATE	14249	INSETTICIDA
METIRAM	12389	FUNGICIDA
PARATION METILE	12255	INSETTICIDA
FOSETIL ALLUMINIO	11293	FUNGICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
METIOCARB	11231	INSETTICIDA-MOLLUSCHICIDA
D-2,4	10241	DISERBANTE
DINOCAP	10194	ACARICIDA-FUNGICIDA
CLORPIRIFOS METILE	9453	INSETTICIDA
CIMOXANIL	9246	FUNGICIDA
ZINEB	9208	FUNGICIDA
METIDATION	8748	INSETTICIDA
MCPA	8653	DISERBANTE
CLORPIRIFOS	8128	INSETTICIDA
METAM-SODIUM	6956	INSETTICIDA-FUNGICIDA-DIS.
TRIBENURON METILE	6825	DISERBANTE
DIQUAT	6371	DISERBANTE
SIMAZINA	6227	DISERBANTE
METOMIL	4886	INSETTICIDA
TIRAM	4026	FUNGICIDA
METRIBUZIN	3955	DISERBANTE
FENBUTATIN OSSIDO	3948	ACARICIDA
FENITROTION	3865	INSETTICIDA
CLORIDAZON	3835	DISERBANTE
FOLPET	3819	FUNGICIDA
CLOROTALONIL	3592	FUNGICIDA
ETOPROFOS	3294	INSETTICIDA - NEMATOCIDA
CALCIO POLISOLFURO	3284	INSETTICIDA - FUNGICIDA
ENDOSULFAN	3221	INSETTICIDA
CIANAMIDE	3136	FITOREGOLATORE
TRIFLURALIN	3088	DISERBANTE
METALDEIDE	2923	MOLLUSCHICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
CARBOSULFAN	2920	INSETTICIDA
PROCIMIDONE	2904	FUNGICIDA
FENTION	2813	INSETTICIDA
PROPAMOCARB	2606	FUNGICIDA
METALAXIL	2602	FUNGICIDA
PROPIZAMIDE	2509	DISERBANTE
TRICLORFON	2476	INSETTICIDA
OXIFLUORFEN	2289	DISERBANTE
Nonil-Fenil-Poliossietilene-Etano	2160	BAGNANTE
ETEFON	2119	FITOREGOLATORE
AZOXYSTROBIN	2001	FUNGICIDA
LINURON	1987	DISERBANTE
FURATIOCARB	1970	INSETTICIDA
ETERE ARILALCHILPOLIGLICHE	1876	BAGNANTE
DICLOFOP METILE	1854	DISERBANTE
PENDIMETALIN	1852	DISERBANTE
TIOFANATO METILE	1833	FUNGICIDA
BROMOPROPILATO	1775	ACARICIDA
DICLOFLUANIDE	1715	FUNGICIDA
DODEMORF	1680	FUNGICIDA
DICOFOL	1666	ACARICIDA
TETRADIFON	1565	ACARICIDA
CARBENDAZIM	1516	FUNGICIDA
CLODINAFOP-PROPARGYL	1510	DISERBANTE
DICLORVOS	1485	INSETTICIDA
BROMOXINIL OTTANOATO	1467	DISERBANTE
TENSIOATTIVI NON IONICI	1440	BAGNANTE

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
BENOMIL	1386	FUNGICIDA
METALAXIL-M	1381	FUNGICIDA
IMIDACLOPRID	1378	INSETTICIDA
BENALAXIL	1354	FUNGICIDA
OXADIAZON	1347	DISERBANTE
PENCONAZOLO	1289	FUNGICIDA
CIPRODINIL	1238	FUNGICIDA
GLIFOSATE TRIMESIO	1176	DISERBANTE
OMETOATO	1150	INSETTICIDA - ACARICIDA
FENMEDIFAM	1143	DISERBANTE
CIPERMETRINA	1114	INSETTICIDA
DICLORAN	1113	FUNGICIDA
Nonilfenolo + moli di ossido+etilene	1096	BAGNANTE
Condens. Poliossietilenici del nonilfenolo	1070	BAGNANTE
QUINOXIFEN	1062	FUNGICIDA
ETOFUMESATE	1036	DISERBANTE
METAMIDOFOS	1034	INSETTICIDA - ACARICIDA
RAME E CALCIO OSSICLORURO	1005	FUNGICIDA
DIMETOMORF	1000	FUNGICIDA
DIAZINONE	998	INSETTICIDA - ACARICIDA
IPRODIONE	950	FUNGICIDA
PRIMETANIL	935	FUNGICIDA
TRIADIMENOL	926	FUNGICIDA
LINDANO	911	INSETTICIDA
METAMITRON	885	DISERBANTE
FLUAZIFOP-P BUTILE	838	DISERBANTE
METOLACLOR	835	DISERBANTE

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
FLUDIOXONIL	825	FUNGICIDA
FENAZAQUIN	778	ACARICIDA
MECOPROP	769	DISERBANTE
FLUROXIPIR	767	DISERBANTE
MANEB	753	FUNGICIDA
FOSALONE	752	INSETTICIDA - ACARICIDA
PROMETRINA	750	DISERBANTE
PIRIMIFOS METILE	749	INSETTICIDA
TEBUCONAZOLO	681	FUNGICIDA
CAPTANO	677	FUNGICIDA
DODINA	665	FUNGICIDA
OXADIXIL	662	FUNGICIDA
ACRINATRINA	661	INSETTICIDA - ACARICIDA
FOSFAMIDONE	648	INSETTICIDA
Solfiti Alcalini e Alcalino-Terrosi	630	FUNGICIDA
BENFURACARB	602	INSETTICIDA
FENOXAPROP-P ETILE	566	DISERBANTE
FORMOTION	528	INSETTICIDA
RAME OSSIDO	525	FUNGICIDA
TRALCOXIDIM	495	DISERBANTE
LAMBDA CIALOTRINA	494	INSETTICIDA
LENACIL	492	DISERBANTE
TERBUFOS	480	INSETTICIDA
Nonilfeniletere		
Poliossietilenglicole	478	BAGNANTE
PROPINEB	476	FUNGICIDA
AZOCICLOTIN	475	ACARICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
CICLOATO	473	DISERBANTE
BUPIRIMATE	461	FUNGICIDA
TRIASULFURON	460	DISERBANTE
HALOXIFOP ETOSSIETILE	452	DISERBANTE
TOLCLOFOS METILE	450	FUNGICIDA
MEFENPIR-DIETILE	433	DISERBANTE
FAMOXADONE	424	FUNGICIDA
CLOQUINTOCET MEXYL	374	DISERBANTE
GLUFOSINATE AMMONIO	363	DISERBANTE
Alcool Tridecilico Etossilato	360	BAGNANTE
FENARIMOL	357	FUNGICIDA
MONOCROTOFOS	357	INSETTICIDA – ACARICIDA
FENHEXAMID	350	FUNGICIDA
ACIDO GIBBERELICO (A3)	349	FITOREGOLATORE
EPTENOFOS	336	INSETTICIDA
MICLOBUTANIL	323	FUNGICIDA
CLOPIRALID	314	DISERBANTE
ESACONAZOLO	312	FUNGICIDA
DNOC	300	DISERBANTE
AMIDOSULFURON	300	DISERBANTE
DIURON	297	DISERBANTE
IOXINIL	268	DISERBANTE
ISOFENFOS	264	INSETTICIDA
TERBUTILAZINA	260	DISERBANTE
DELTAMETRINA	254	INSETTICIDA
FIPRONIL	250	INSETTICIDA
CLORMEQUAT (CLORURO)	247	INSETTICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
Sali di potassio degli acidi grassi	245	INSETTICIDA – ACARICIDA
ACLONIFEN	245	DISERBANTE
MALATION	225	INSETTICIDA
RIMSULFURON	225	DISERBANTE
PIRIMICARB	222	INSETTICIDA
FOXIM	212	INSETTICIDA
DINITRAMINA	200	DISERBANTE
FENSON	183	ACARICIDA
SETOSSIDIM	180	DISERBANTE
FLUVALINATE	171	INSETTICIDA
AMITRAZ	170	INSETTICIDA – ACARICIDA
FENPROPIMORF	160	FUNGICIDA
PROPICONAZOLO	151	FUNGICIDA
CIROMAZINA	150	INSETTICIDA
BENSULTAP	150	INSETTICIDA
OSSIDEMETON METILE	148	INSETTICIDA
TRICLOPIR	148	DISERBANTE
FENAMIFOS	144	NEMATOCIDA
CARBOFURAN	142	INSETTICIDA
PERMETRINA	136	INSETTICIDA
PIRIDAFENTION	133	INSETTICIDA
PROPACLOR	130	DISERBANTE
METAZACLOR	129	DISERBANTE
CICLOXIDIM	128	DISERBANTE
CLORPROFAM	127	DISERBANTE
QUINALFOS	125	INSETTICIDA
PIRIFENOX	125	FUNGICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
FLUSILAZOL	120	FUNGICIDA
CIPROCONAZOLO	113	FUNGICIDA
CARBOSSINA	110	FUNGICIDA
Ottil+Nonilfenolo+moli ossido di etilene	105	BAGNANTE
POLISILOSSANO	104	BAGNANTE
ALFA CIPERMETRINA	102	INSETTICIDA
Nonilfenolpoliglicoletere	100	BAGNANTE
DESMEDIFAM 99 DIS	99	DISERBANTE
METOSULAM 97 DIS	97	DISERBANTE
IMAZAMETABENZ 96 DIS	96	DISERBANTE
HALOXIFOP-R-METILESTERE	95	DISERBANTE
Arilalchilsolfonati+Eteri di condensazione	90	BAGNANTE
TETRACONAZOLO	89	FUNGICIDA
ALDICARB	89	INSETTICIDA
ALFAMETRINA	88	INSETTICIDA
CIEXATIN	83	ACARICIDA
PROCLORAZ	82	FUNGICIDA
Alchil-Aril-Fenolo Etossilato	80	BAGNANTE
BITERTANOLO	76	FUNGICIDA
PIRAZOFOS	75	FUNGICIDA
TEBUFENPIRAD	75	ACARICIDA
TEBUFENPIRAD	75	ACARICIDA
TEFLUTRIN	74	INSETTICIDA
CIFLUTRIN	73	INSETTICIDA
B.Thurigensis Kurstaki ceppo SA11	70	INSETTICIDA
EXITIAZOX	70	ACARICIDA
DITIANON	66	FUNGICIDA



SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
Flamprop Isopropile D-isomero	62	DISERBANTE
ETOFENPROX	60	INSETTICIDA
FLUCITRINATE	60	INSETTICIDA
POLIGLICOLETERE AROMATICO	60	BAGNANTE
PROPAQUIZAFOP	58	DISERBANTE
TRITICONAZOLO	56	FUNGICIDA
MOLINATE	53	DISERBANTE
PICLORAM	51	DISERBANTE
METOBROMURON	50	DISERBANTE
VINCLOZOLIN	50	FUNGICIDA
BUPROFEZIN	50	INSETTICIDA
TRIFLUSULFURON METILE	50	DISERBANTE
PRETILACLOR	50	DISERBANTE
B.Thurigensis Kurstaki 3A-3BceppoHD1	49	INSETTICIDA
SILICONI	47	BAGNANTE
CARTAP (CLORIDRATO)	45	INSETTICIDA
LUFENURON	42	INSETTICIDA
NUARIMOL	42	FUNGICIDA
TRIADIMEFON	42	FUNGICIDA
CLOFENTEZINE	42	ACARICIDA
NAPROPAMIDE	42	DISERBANTE
ZETA CIPERMETRINA	38	INSETTICIDA
ANILAZINA	38	FUNGICIDA
TRIFORINE	37	FUNGICIDA
QUIZALOFOP ETILE D-ISOMERO	36	DISERBANTE
ROTENONE	30	INSETTICIDA
GUAZATINA	30	FUNGICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
INDOXACARB	30	INSETTICIDA
PROTEINE IDROLIZZATE	30	BAGNANTE
DICLORPROP	27	DISERBANTE
FURALAXIL	25	FUNGICIDA
Eteri-esteri di condens. Poliossietilenici	24	BAGNANTE
DIFENOCONAZOLO	24	FUNGICIDA
FLUFENOXURON	24	INSETTICIDA-ACARICIDA
TEBUFENOZIDE	23	INSETTICIDA
ESAFLUMURON	19	INSETTICIDA
SULFOTEP	19	INSETTICIDA
FENTIN IDROSSIDO	18	FUNGICIDA
PIPERONIL BUTOSSIDO	17	SINERGICO
ESTERI DI ACIDI CARBOSSILICI	16	BAGNANTE
CLORTIAMID	15	DISERBANTE
FENBUCONAZOLO	15	FUNGICIDA
IMAZETAPIR	15	DISERBANTE
FENTOATO	14	INSETTICIDA
ESAZINONE	13	DISERBANTE
FLUTRIAFOL	12	FUNGICIDA
ABAMECTINA	11	INSETTICIDA-ACARICIDA
FENPROPATRIN	10	INSETTICIDA-ACARICIDA
FENTIN ACETATO	9	FUNGICIDA
TIODICARB	8	INSETTICIDA
BIFENTRIN	8	INSETTICIDA-ACARICIDA
B.Thurigensis Kurstaki Ceppo EG 2348	8	INSETTICIDA
AZADIRACTINA (A+B)	6	INSETTICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
DIFLUBENZURON	5	INSETTICIDA
RAME CARBONATO BASICO	3	FUNGICIDA
PIRETRINE	3	INSETTICIDA
DICAMBA	2	DISERBANTE
Alcool Laurilico Etossilato	2	BAGNANTE
NAA	1	FITOREGOLATORE
CLOROFACINONE		RODENTICIDA
PROFENOFOS		INSETTICIDA
PROFAM		DISERBANTE
PROTOATO		INSETTICIDA-ACARICIDA
ZINCO FOSFURO		RODENTICIDA
Sale Sodico di Alchiletere Solfato		COADIUVANTE
ACIFLUORFEN		DISERBANTE
ALACLOR		DISERBANTE
SODIO CLORATO		DISERBANTE
AMPELOMYCES QUISQUALIS		FUNGICIDA
ANTRACHINONE		REPELLENTE
ATRAZINA		DISERBANTE
B.Thurigensis Kurstaki Ceppo EG2371		INSETTICIDA
WARFARIN		RODENTICIDA
BENFLURALIN		DISERBANTE
DB-2,4		DISERBANTE
CAPTAFOL		FUNGICIDA
PROSULFURON		DISERBANTE
BENSULFURON METILE		DISERBANTE
BENTAZONE		DISERBANTE
BENZILADENINA-6		FITOREGOLATORE

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
BENZOSSIMATO		ACARICIDA
BETA NOA		FITOREGOLATORE
BROMACILE		DISERBANTE
PROPOXUR		INSETTICIDA
BROMOXINIL FENOLO		DISERBANTE
BROMURO DI METILE		INSETTICIDA
PROPANIL		DISERBANTE
BEAUVERIA BASSIANA		INSETTICIDA
TIOCARBAZIL		DISERBANTE
NAD		FITOREGOLATORE
Eteri+Esteri Poliglicoli-Alchil-Aril Poliglicolici		BAGNANTE
ETIOFENCARB		INSETTICIDA
MONOLINURON		DISERBANTE
ETOSSICHINA		ANTIRISCALDO
Etossilato di Ammina grassa		BAGNANTE
ETRIDIAZOLO		FUNGICIDA
METSULFURON METILE		DISERBANTE
TERBUMETON		DISERBANTE
FENPIROXIMATE		ACARICIDA
FENPROPIDIN		FUNGICIDA
DAMINOZIDE		FITOREGOLATORE
TIFENSULFURON METILE		DISERBANTE
NITROTAL-ISOPROPILE		DISERBANTE
MAGNESIO FOSFURO		INSETTICIDA
FENVALERATE		INSETTICIDA
KRESOXIM METIL		FUNGICIDA
FLUAZINAM		FUNGICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
ISOXABEN		DISERBANTE
FLUFENACET		DISERBANTE
FLUROCLORIDONE		DISERBANTE
ISOPROPALIN		DISERBANTE
FLURPRIMIDOL		FITOREGOLATORE
IMAZAPIR		DISERBANTE
IDROSSIETILCELLULOSA		BAGNANTE
METABENZTIAZURON		DISERBANTE
PINOLENE		FITOREGOLATORE
VAMIDOTION		INSETTICIDA
CLETODIM		DISERBANTE
CLORFENSON		ACARICIDA
CLORFENVINFOS		INSETTICIDA
PIRIDABEN		ACARICIDA
CLOROPICRINA		INSETTICIDA
CLORSULFURON		DISERBANTE
CLORTAL DIMETILE		DISERBANTE
CLORTOLURON		DISERBANTE
CLOZOLINATE		FUNGICIDA
CUMACLORO		RODENTICIDA
DALAPON		DISERBANTE
ESFENVALERATE		INSETTICIDA
GIBBERELLINE		FITOREGOLATORE
NICOSULFURON		DISERBANTE
DICLOBENIL		DISERBANTE
PENCICURON		FUNGICIDA
TEFLUBENZURON		INSETTICIDA

SOSTANZA ATTIVA	Kg	UTILIZZO
OXADIARGYL		DISERBANTE
DIFENILAMMINA		FITOREGOLATORE-ANTIRISCALDO
DIMEPIPERATE		DISERBANTE
TRICHODERMA HARZIANUM		FUNGICIDA
DINOSEB		ACARICIDA-FUNGICIDA
Diottilsolfosuccinato di sodio		BAGNANTE
OSSICARBOSSINA		FUNGICIDA
NONILFENOLO POLIETOSSILATO		BAGNANTE
PRIMISULFURON		DISERBANTE
TRIFLUMURON		INSETTICIDA

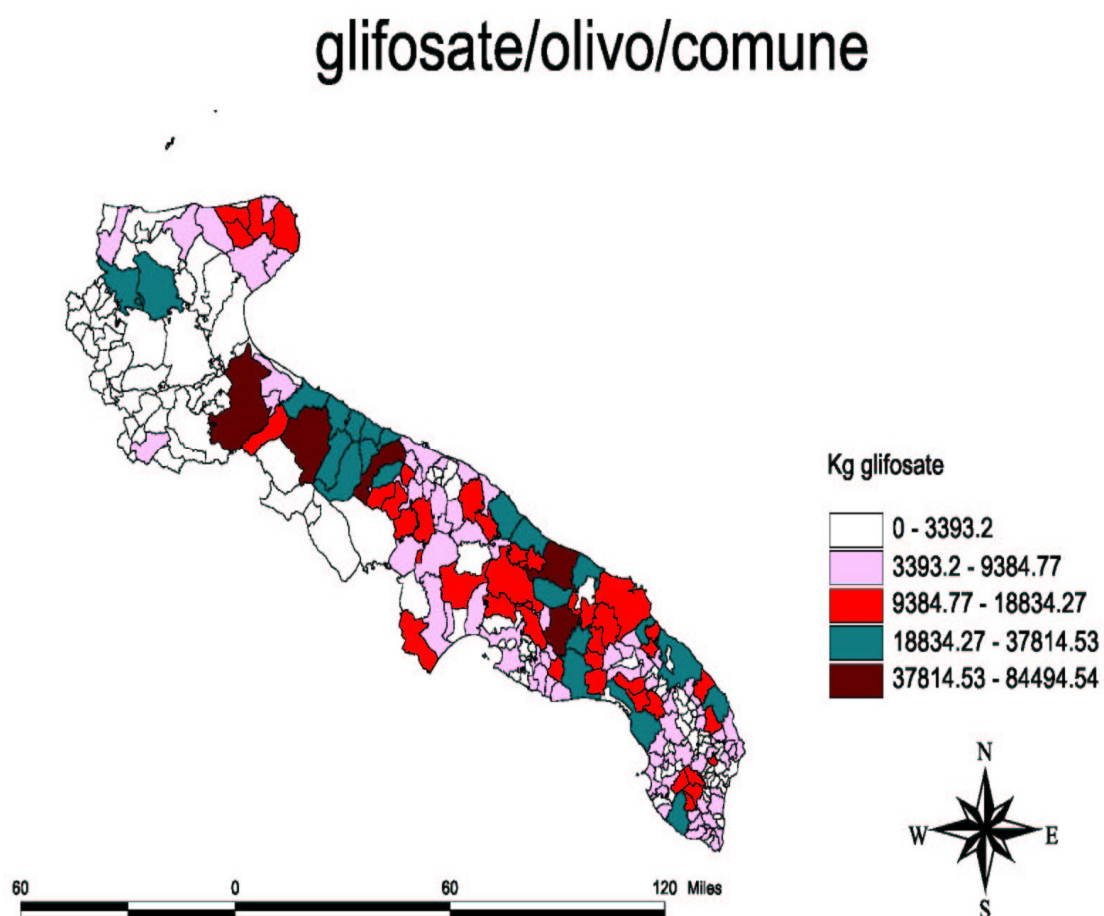
Nell'utilizzazione dei dati, occorre considerare questi ultimi complessivamente, come andamento, dalla sostanza attiva più venduta verso quella meno venduta e non come dati quantitativi assoluti. Nella parte finale dell'elenco alle sostanze attive non viene associato nessun valore relativo alla quantità venduta. Ciò è determinato dal fatto che i dati SIAN non quantificano le vendite dei prodotti fitosanitari al di sotto di 0,5 quintali e contrassegnano tali formulati con un asterisco. L'elaborazione considera quindi prodotti fitosanitari presenti nei dati grezzi con l'asterisco ma non può calcolare i quantitativi.

#### **IV. b) STIMA DEI CONSUMI REALI DEI PRODOTTI FITOSANITARI**

Per una corretta gestione delle problematiche inerenti l'utilizzo dei prodotti fitosanitari, nonché al fine di rendere immediata la visualizzazione e quantificazione della presenza dei fitofarmaci sul suolo e nelle acque pugliesi, si è proceduto con l'elaborazione di mappe tematiche, in grado di mostrare la distribuzione dei consumi nei diversi comuni delle province pugliesi. Facendo riferimento ai dati dell'ultimo censimento agricolo condotto dall' ISTAT, sono state prese in considerazione le sole colture che rappresentino più del 10% della SAU nella regione Puglia (arancio, barbabietola, cereali, coltivazioni legnose, clementina, erbai, fruttifere, limone, mandorlo, olivo, ortive, patata, pesco, pisello, pomodoro, semi oleosi, seminativi, vite). Partendo dai dati di vendita dei prodotti fitosanitari forniti da ISTAT e SIAN, a ciascuna delle colture significative è stato associato un gruppo di fitofarmaci, secondo le indicazioni fornite dai disciplinari di Produzione della Regione Puglia e dai Codici di buona pratica agricola. Una volta noti i quantitativi di ciascun fitofarmaco per le singole colture, è stato possibile procedere con l'elaborazione delle sopra citate mappe, attraverso le quali è possibile visualizzare i quantitativi (KG) dei prodotti fitosanitari che sono stati adoperati nell'anno 2002 per ciascuna coltura e in ciascuno dei comuni delle cinque province.

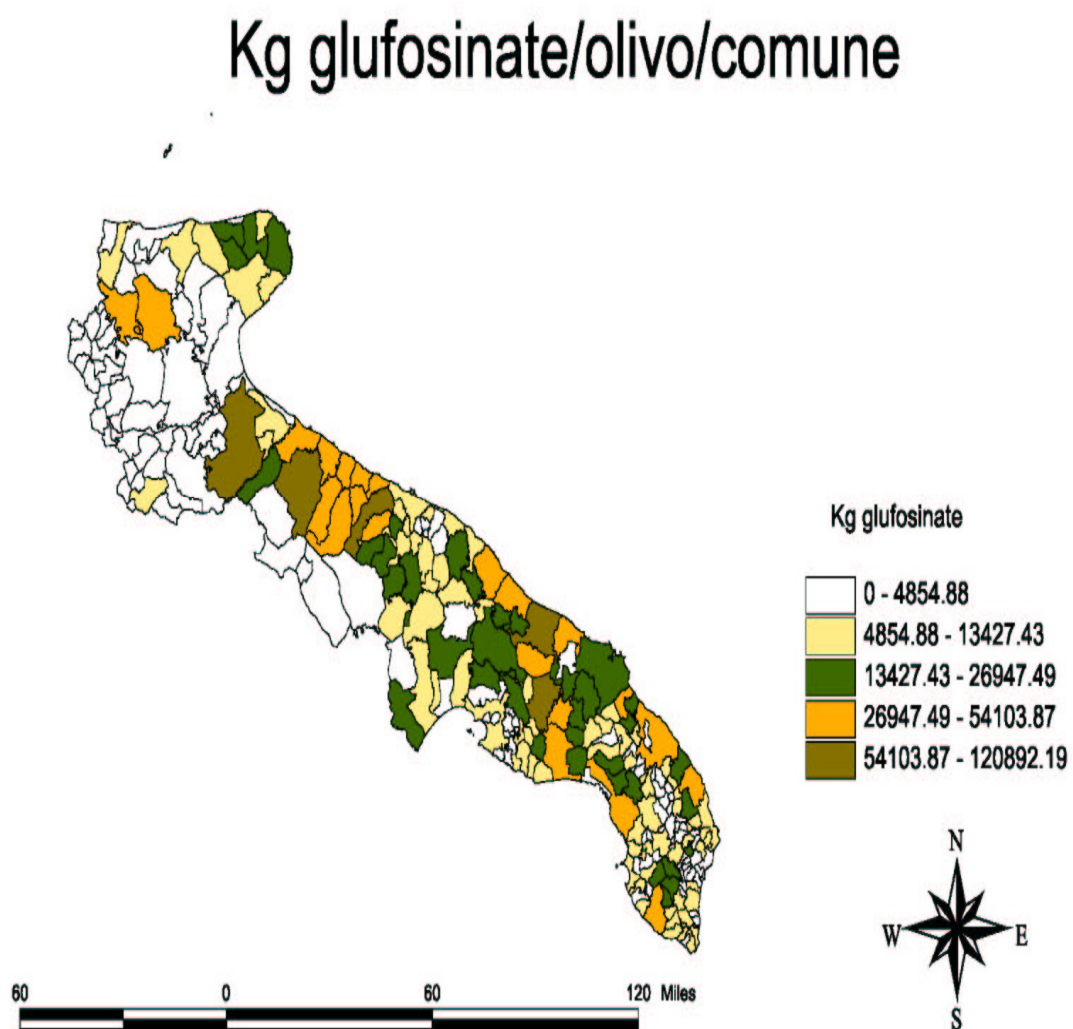
Complessivamente sono state prodotte un centinaio di cartografie che rappresentano l'utilizzo di fitofarmaci con riferimento alle principali tipologie di colture; a titolo di esempio, nelle tabelle successive vengono riportate alcune delle mappe elaborate con ArcGIS.

**Figura 1. Distribuzione di glifosate (Kg) sulla coltura dell'olivo**

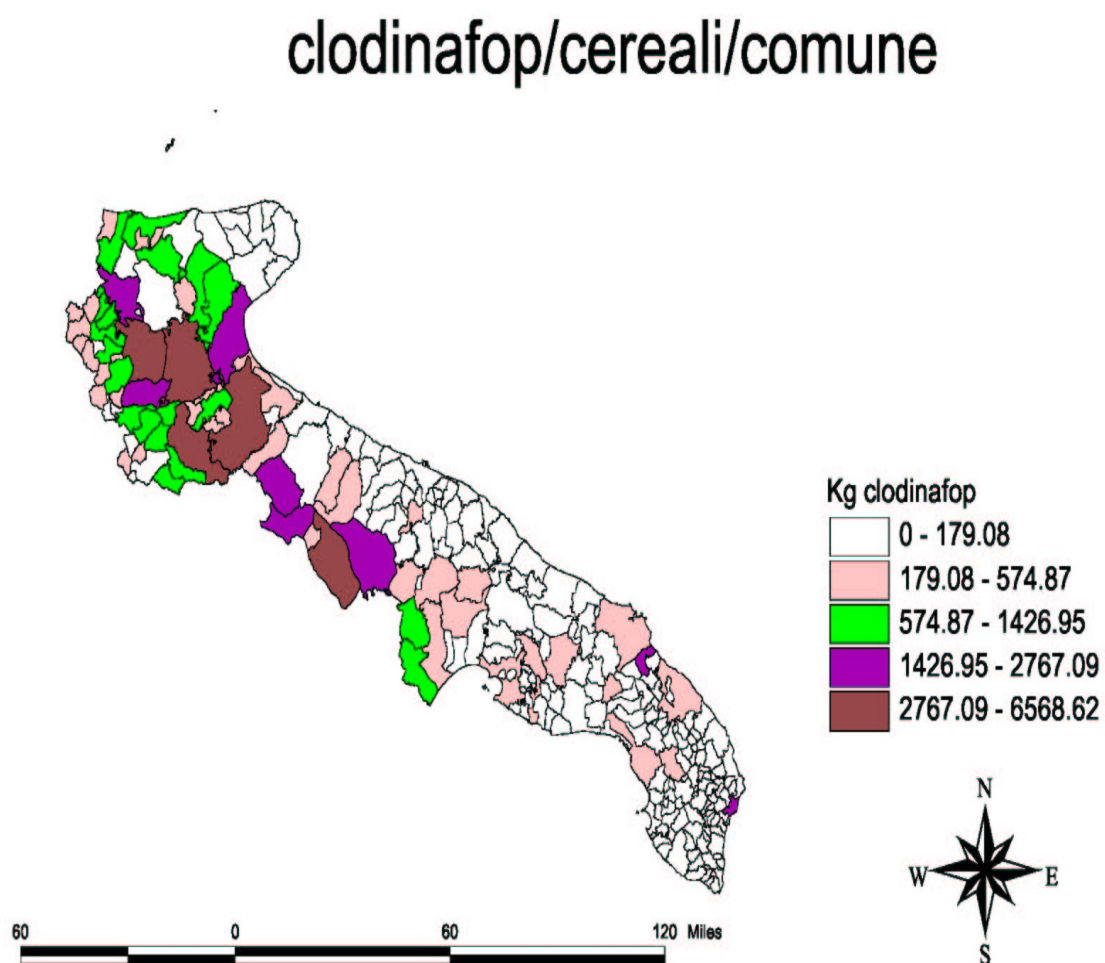




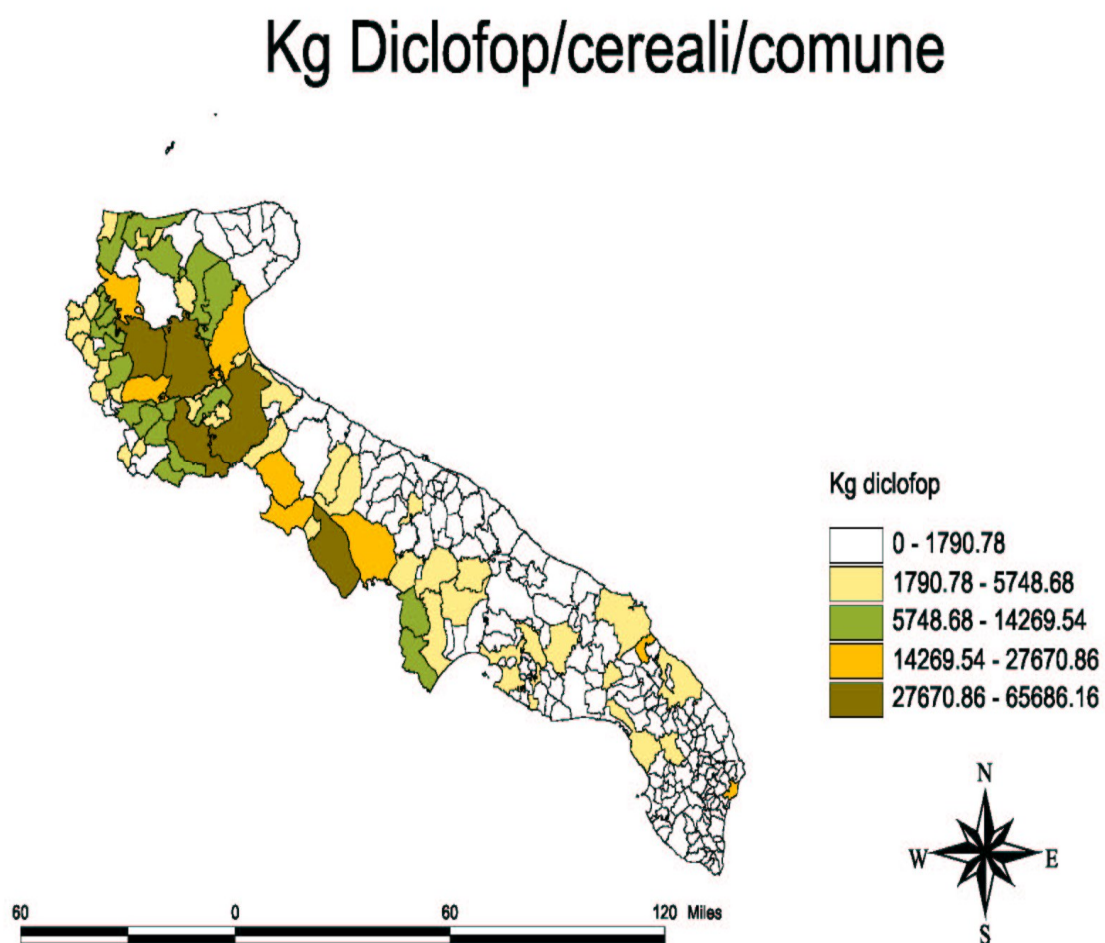
**Figura 2. Distribuzione di glufosinate (Kg) sulla coltura dell'olivo**



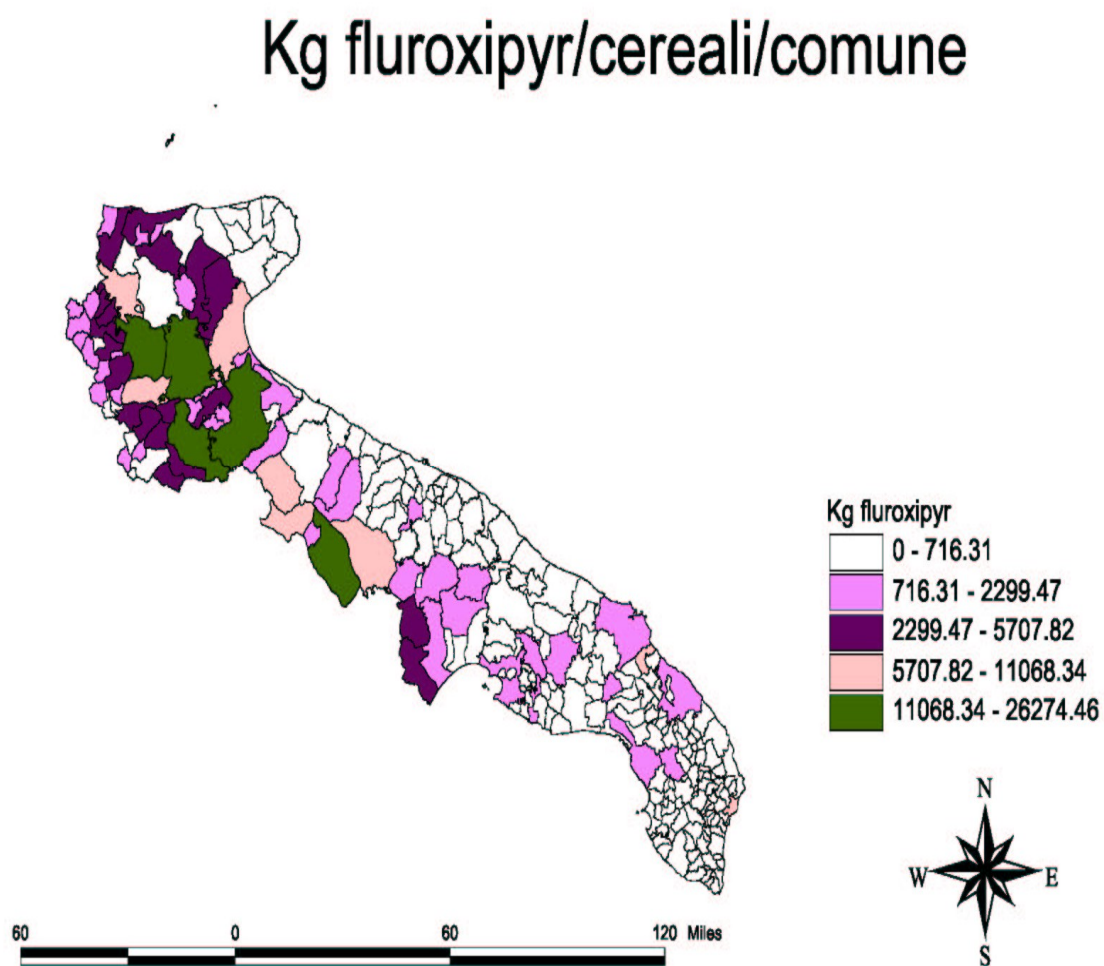
**Figura 3. Distribuzione di clodinafop (Kg) sulla coltura dei cereali**



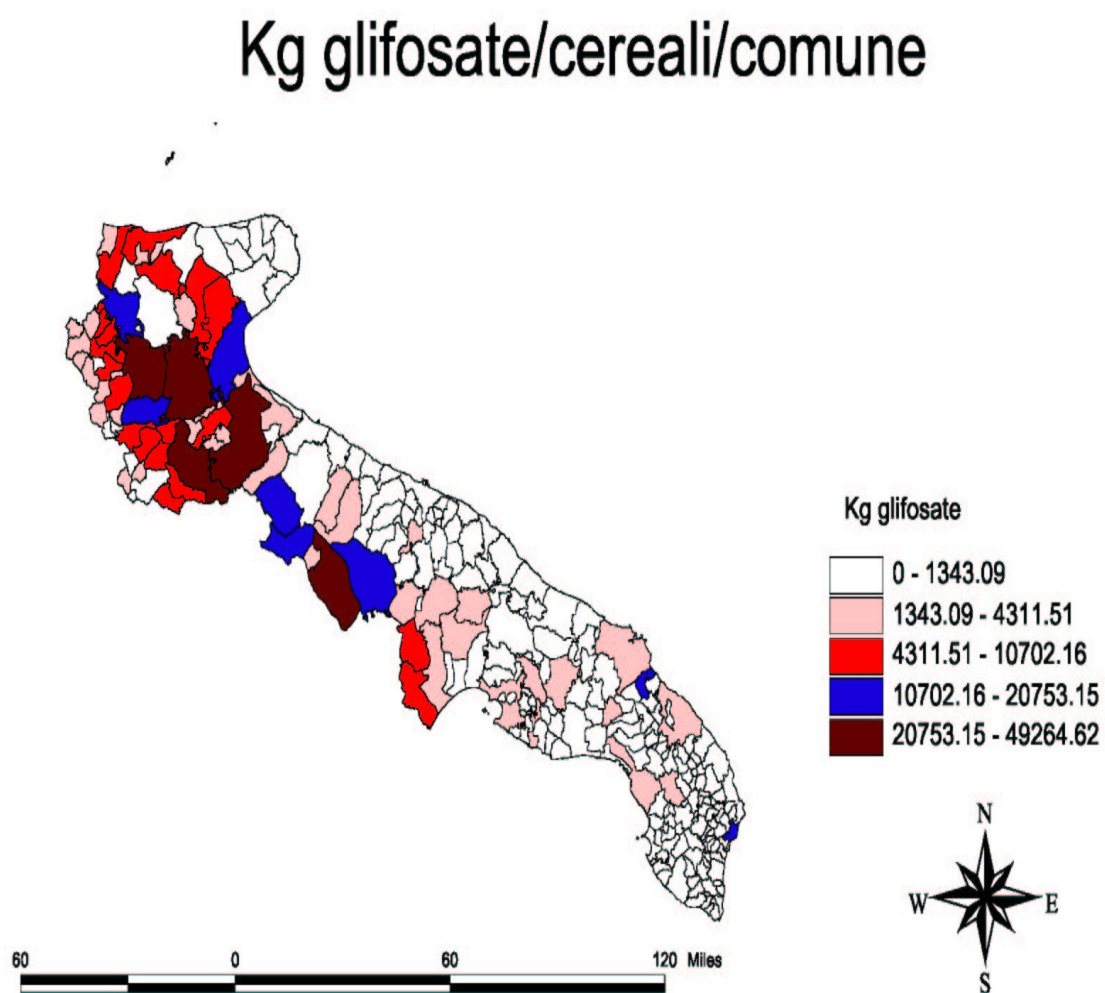
**Figura 4. Distribuzione di diclofop (Kg) sulla coltura dei cereali**



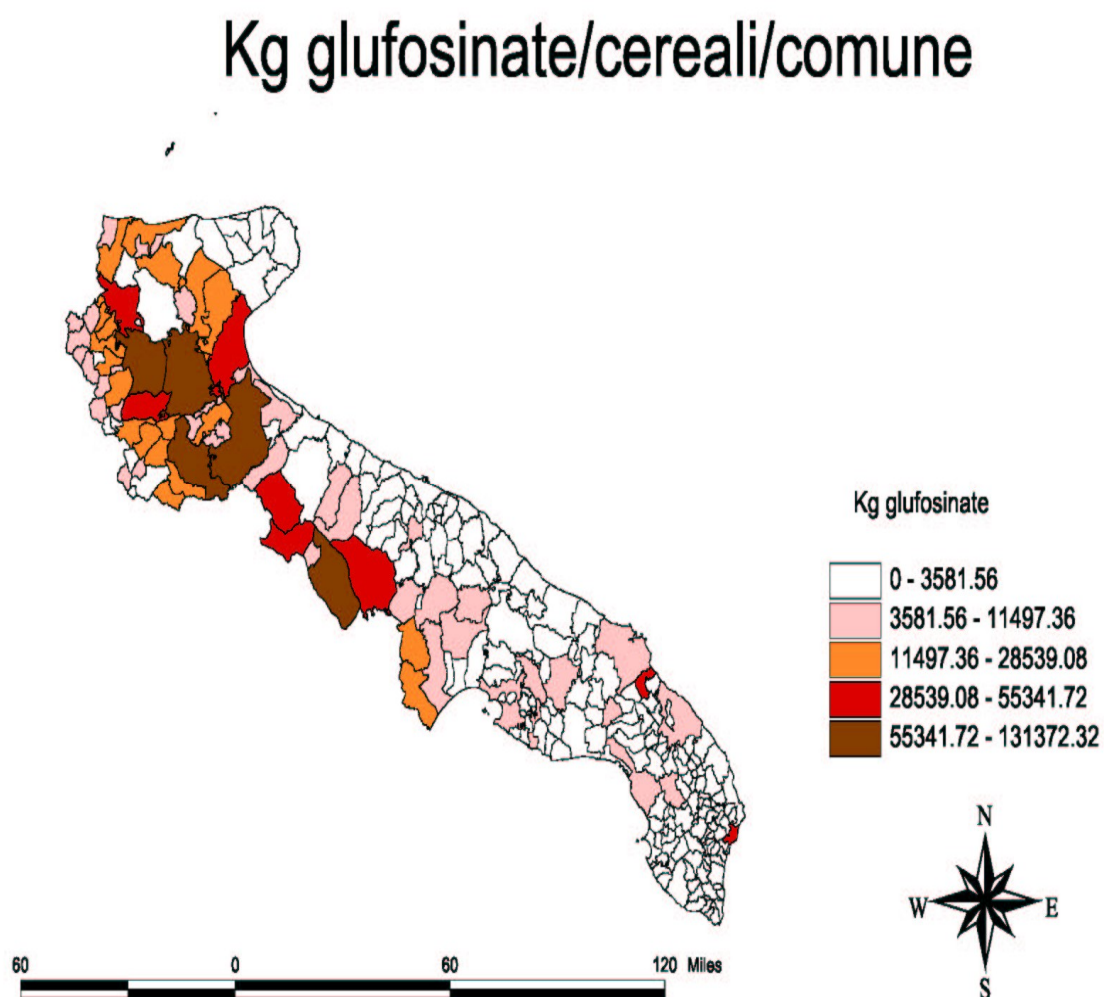
**Figura 5. Distribuzione di fluroxipyr (Kg) sulla coltura dei cereali**



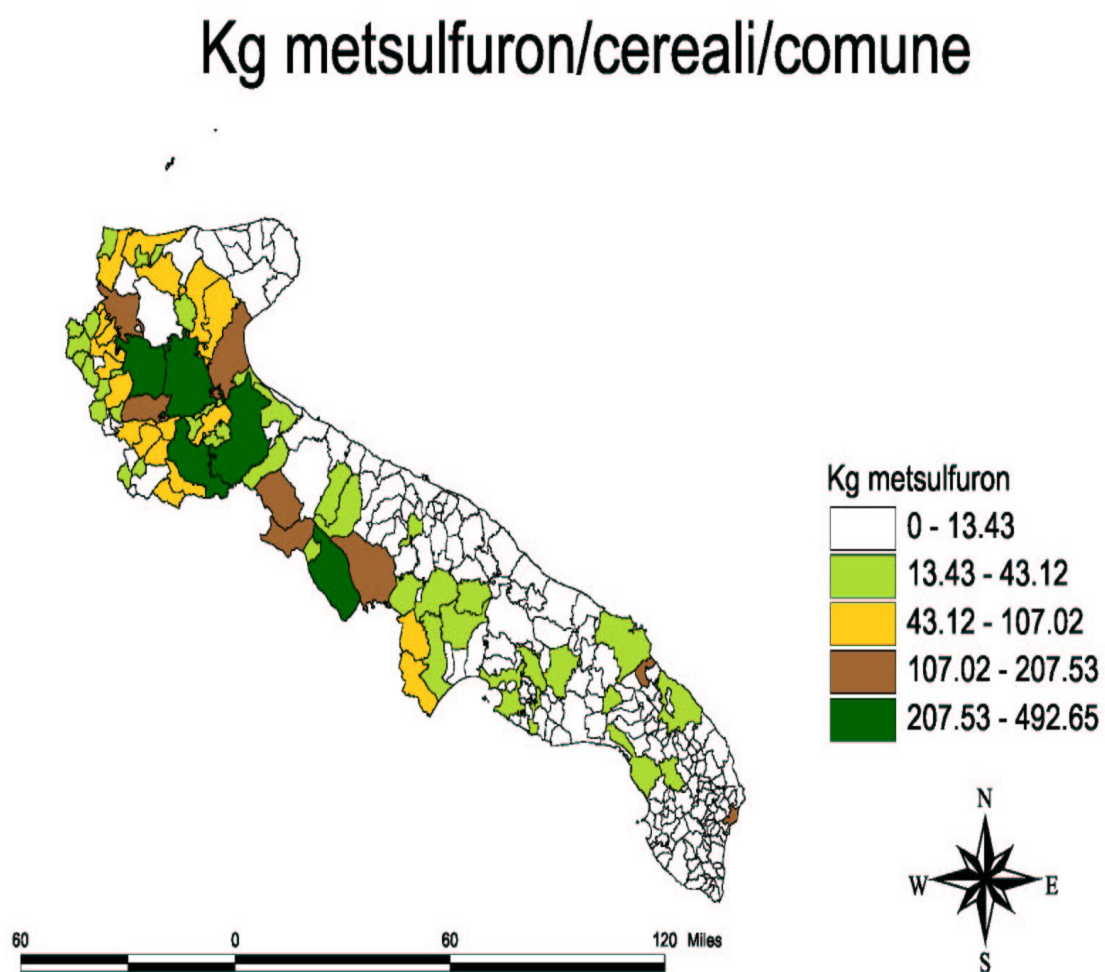
**Figura 6. Distribuzione di glifosate (Kg) sulla coltura dei cereali**



**Figura 7. Distribuzione di glufosinate (Kg) sulla coltura dei cereali**

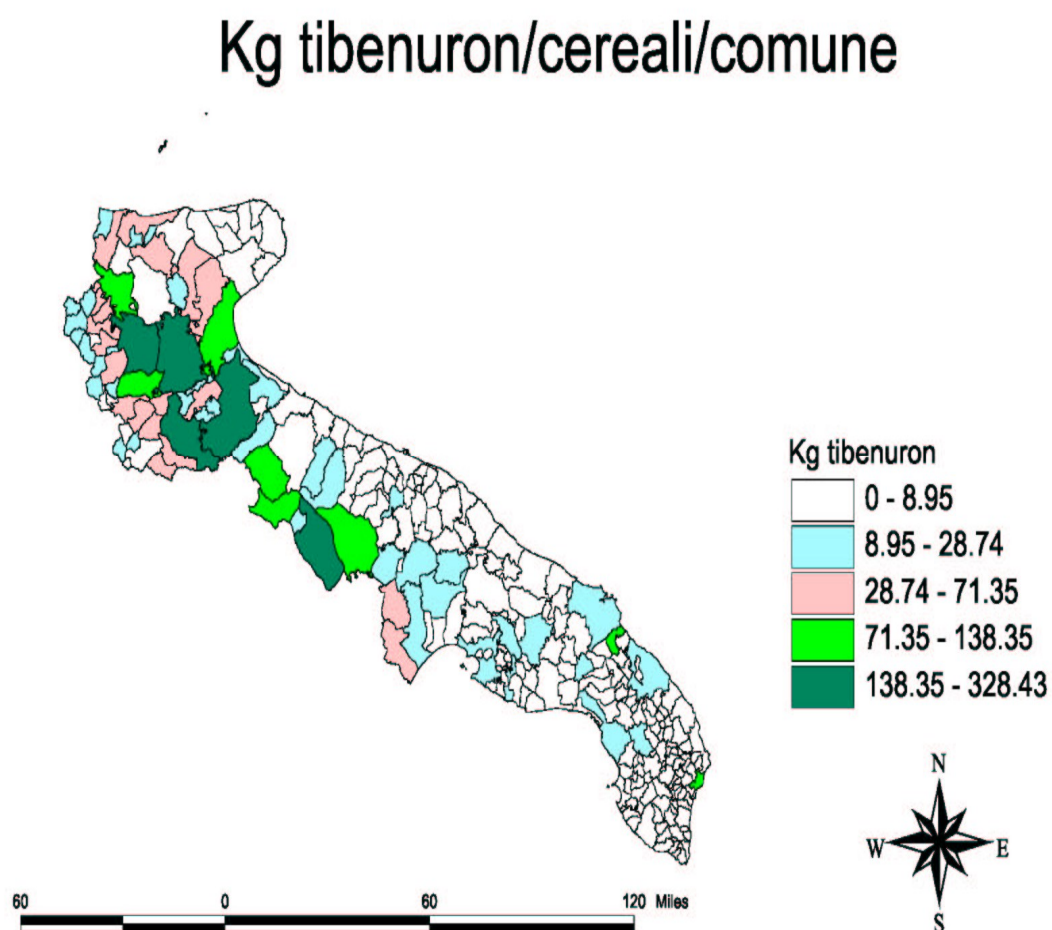


**Figura 8. Distribuzione di metsulfuron (Kg) sulla coltura dei cereali**





**Figura 9. Distribuzione di tibenuron (Kg) sulla coltura dei cereali**





**Figura 10. Distribuzione di tralkoxidim (Kg) sulla coltura dei cereali**

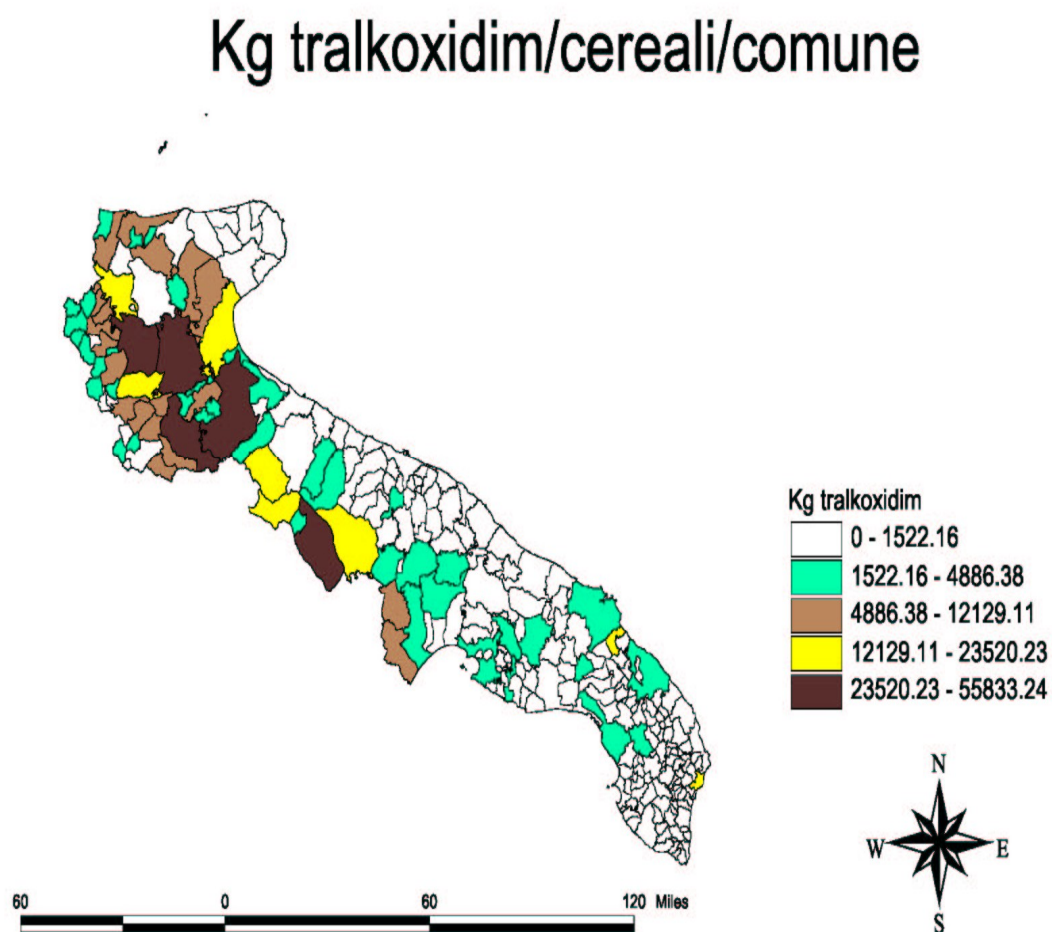


Figura 11. Distribuzione di triasulfuron (Kg) sulla coltura dei cereali

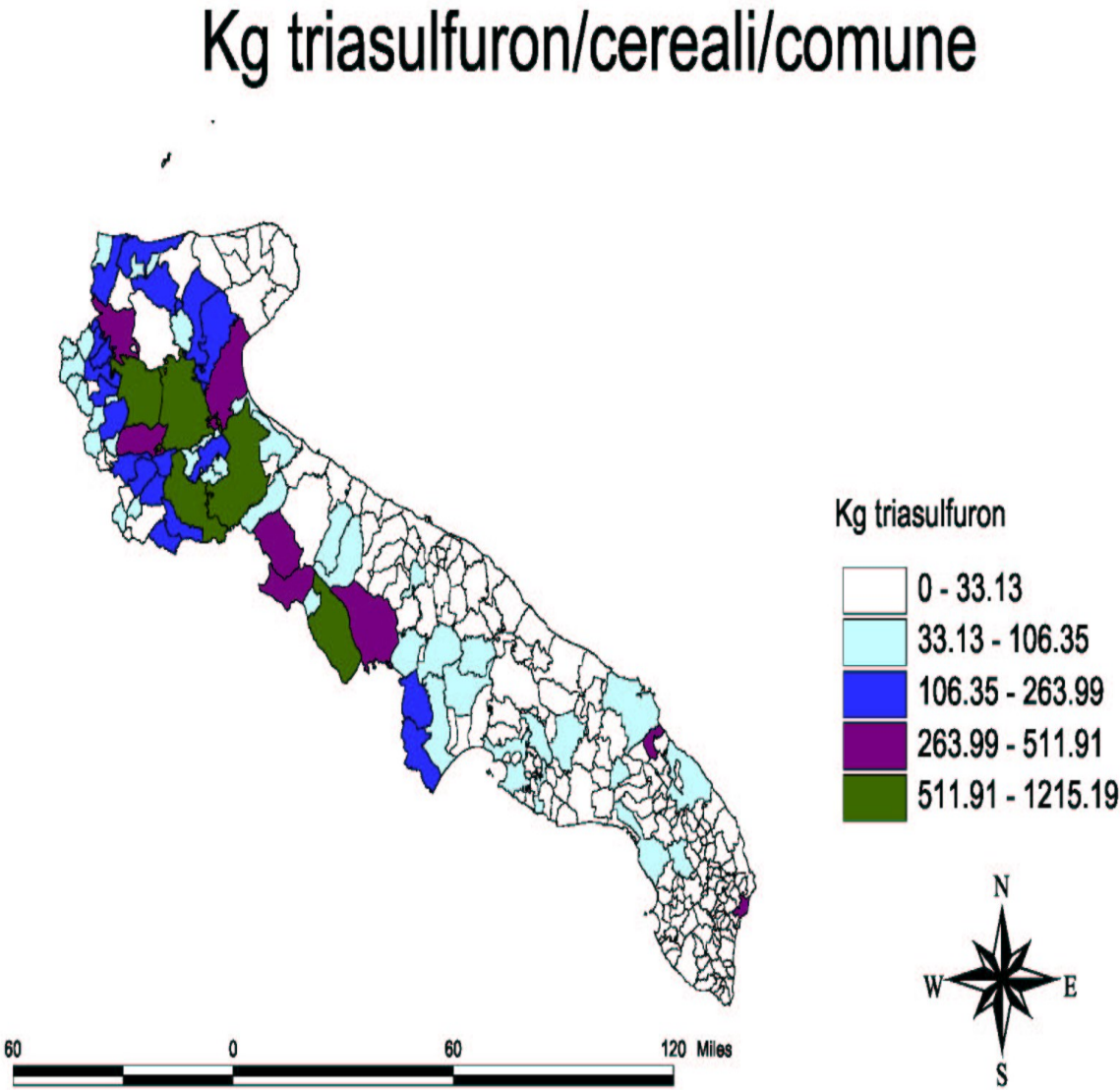


Figura 12. Distribuzione di glifosate (Kg) sulla coltura della vite

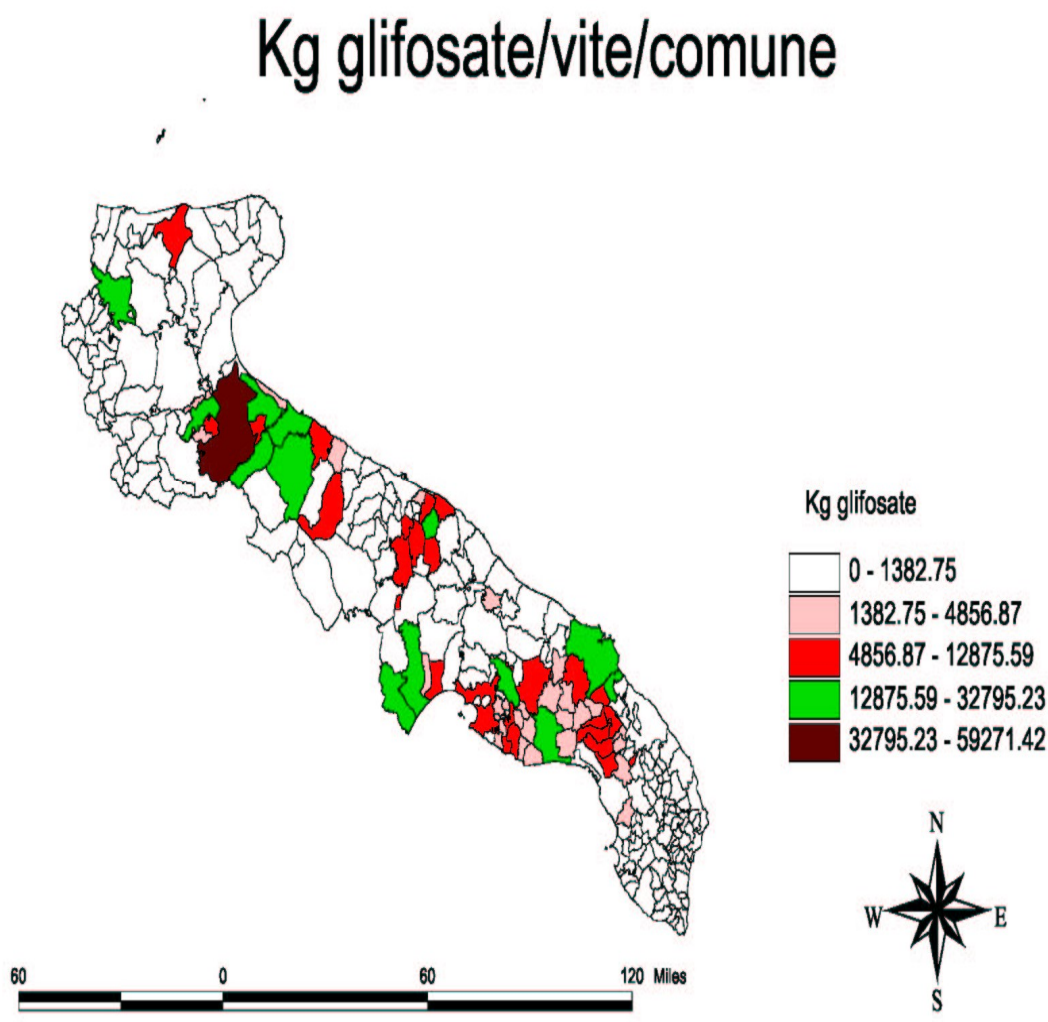


Figura 13. Distribuzione di glufosinate (Kg) sulla coltura della vite

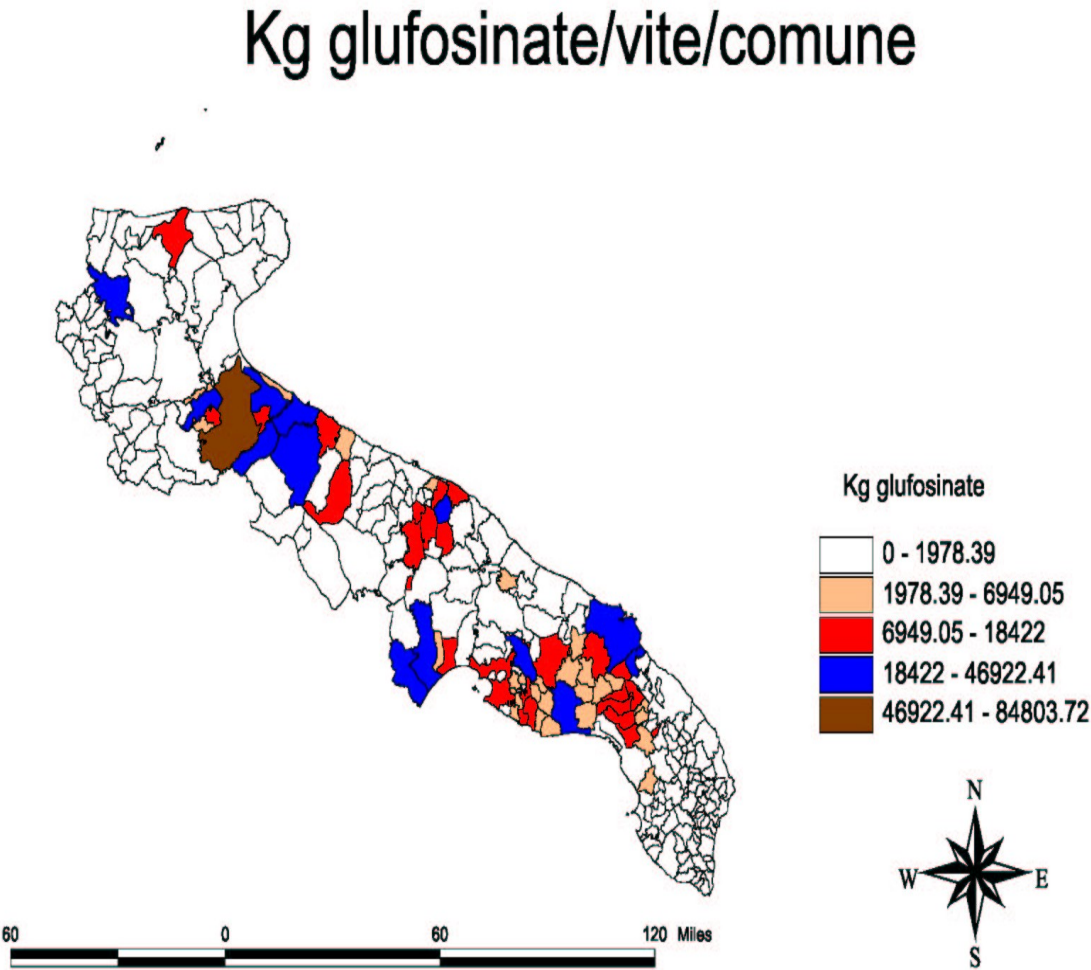
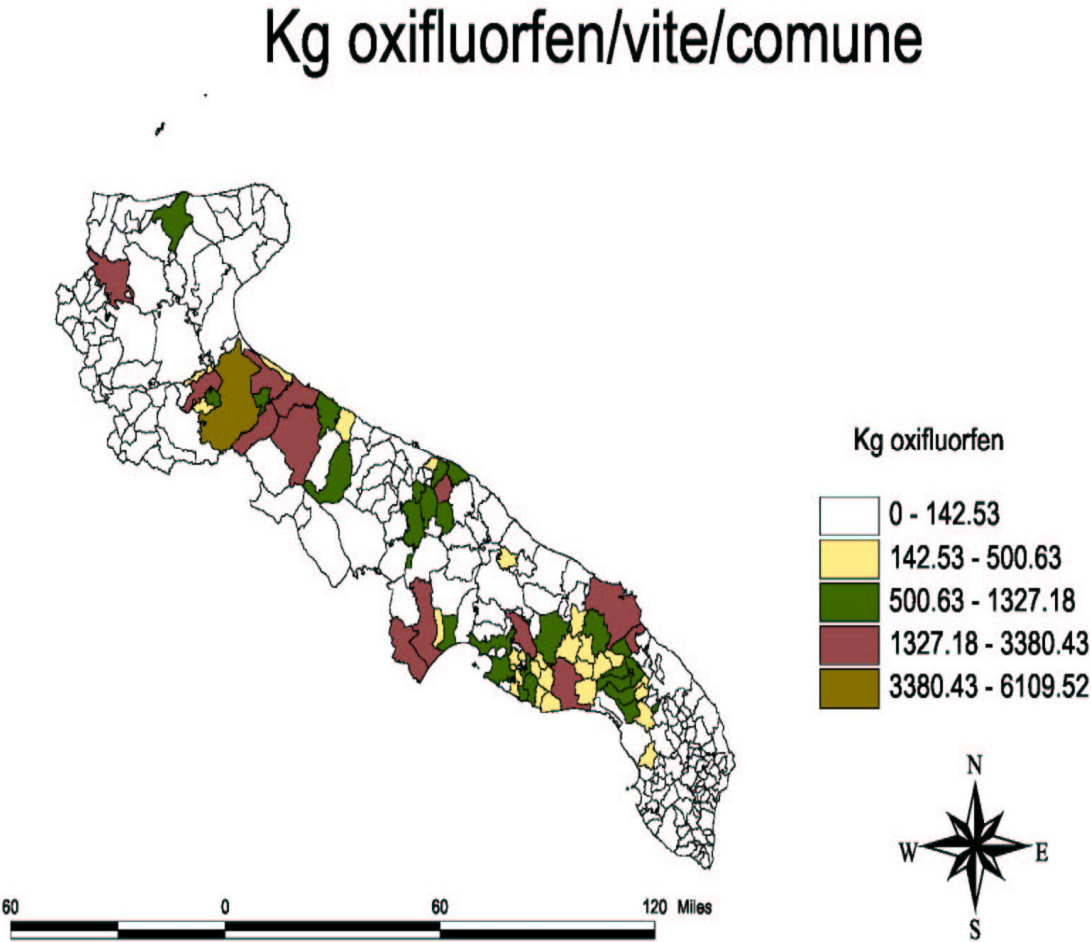


Figura 14. Distribuzione di oxifluorfen (Kg) sulla coltura della vite



#### **IV. c) VALUTAZIONE DEI PRODOTTI PIÙ DIFFUSI IN PUGLIA SU CUI APPROFONDIRE GLI ASPETTI TOSSICOLOGICI**

La vigilanza ambientale degli effetti derivanti dall'utilizzo dei prodotti fitosanitari richiede una corretta progettazione e programmazione dei controlli ed in particolare una scelta oculata delle sostanze attive da ricercare nei diversi comparti ambientali.

Il comportamento dei fitofarmaci nell'ambiente risulta particolarmente complesso; sono numerose le variabili e le correlazioni che bisogna conoscere per poter descrivere con chiarezza il destino dei prodotti fitosanitari. Allo scopo di aggirare la problematica sopra esposta, nel presente lavoro, è stata presa in considerazione una soluzione proposta dal gruppo di lavoro "APAT- ARPA – APPA – FITOFARMACI", che conduce all'isolamento di alcuni fattori discriminanti, che a loro volta consentono di elaborare una priorità.

I fattori discriminanti, nell'ordine, sono:

- 1) i dati di vendita elaborati per sostanze attive;
- 2) il tipo di utilizzo;
- 3) la distribuzione ambientale calcolata con un modello teorico;
- 4) la degradazione della sostanza attiva.

La combinazione dei fattori discriminanti, costituisce l'Indice di Priorità che è determinato in base alla seguente formula:

$$\mathbf{IP = [ P_v + (P_u \times P_a) ] \times P_d}$$

IP = Indice di Priorità

P<sub>v</sub> = Punteggio vendite

P<sub>u</sub> = Punteggio utilizzo

P<sub>a</sub> = Punteggio distribuzione ambientale

P<sub>d</sub> = Punteggio degradazione

### **Punteggio vendite (Pv)**

I fitofarmaci vengono ordinati, in maniera decrescente, in base ai dati di vendita. Ad ogni sostanza attiva viene attribuito un punteggio, da 1 a 5, in base alla sua posizione nell'elenco predisposto con dati decrescenti.

### **Punteggio vendite**

<b>Posizione nell' elenco</b>	<b>1°-10° percentile</b>	<b>11°-20° percentile</b>	<b>21°-30° percentile</b>	<b>31°-50° percentile</b>	<b>51°-100° percentile</b>
<b>Pv</b>	5	4	3	2	1

### **Punteggio utilizzo (Pu)**

In merito al tipo di utilizzo della sostanza attiva in campo si è proceduto alla semplificazione del problema considerando solamente i possibili utilizzi autorizzati, in particolare se gli impieghi sono autorizzati sulla coltura o sul terreno.

Tali valutazioni partono dal presupposto che il terreno rappresenti il punto di partenza della distribuzione ambientale della sostanza attiva: a) per trattamento diretto, b) per la ricaduta durante i trattamenti fitosanitari della parte area, c) per dilavamento delle colture dopo il trattamento.

### **Punteggio utilizzo**

<b>utilizzo</b>	<b>sul terreno</b>	<b>Terreno + coltura</b>	<b>Coltura</b>
<b>Pu</b>	1	0.9	0.8

### **Punteggio distribuzione ambientale (Pa)**

Per valutare la distribuzione ambientale dei fitofarmaci viene utilizzato il modello teorico Mackay Livello I, che calcola la ripartizione della sostanza attiva all'equilibrio nel modello di mondo.

Il modello teorico considera sei compartimenti (aria, terreno, acqua, sedimenti, sedimenti in sospensione, pesci) alla temperatura di 298 °K (25 °C).

Il Livello I del modello Mackay rappresenta il grado di minor complessità modellistica, ma permette il calcolo della distribuzione della sostanza nei diversi comparti mediante la conoscenza di poche caratteristiche chimico-fisico-ambientali:

1) peso molecolare, 2) pressione di vapore, 3) solubilità in acqua, 4) coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua ( $K_{ow}$ ).

Sulla base della percentuale in acqua, calcolata con il Modello Mackay Livello I, si assegnano dei punteggi variabili da 1 a 5.

### **Punteggio distribuzione ambientale**

<b>% in acqua</b>	> 99	> 80 - 99	> 60 - 80	> 30 - 60	0- 30
<b>Pa</b>	5	4	3	2	1

### **Punteggio degradazione (Pd)**

Per esprimere la degradazione dei fitofarmaci, è stato scelto il valore di  $DT_{50}$  nel suolo espresso in giorni.

I fitofarmaci sono stati raggruppati in classi e ad ogni classe è stato assegnato un punteggio: più elevato alla classe di fitofarmaci con elevati valori di  $DT_{50}$ .

Ù



### Punteggio degradazione

<b>DT<sub>50</sub> suolo (giorni)</b>	DT <sub>50</sub> ≤10	DT <sub>50</sub> >10 ≤ 30	DT <sub>50</sub> >30 <90	DT <sub>50</sub> ≥ 90	se DT <sub>50</sub> n.d.
<b>Pd</b>	0.5	0.8	1	1.2	1

#### IV. d) CARATTERIZZAZIONE SECONDO LE CLASSI TOSSICOLOGICHE

E' certamente noto che i fitofarmaci possono rendersi responsabili di gravi intossicazioni a carico dell'ambiente e delle piante stesse, ma soprattutto bisogna ricordare che molti principi attivi dei prodotti fitosanitari normalmente commercializzati sono nocivi per la salute dell'uomo e degli animali.

Le vie di penetrazione dei fitofarmaci sono tre: dermale, per inalazione e per ingestione. Le prime due vie di penetrazione rappresentano le cause più frequenti d'intossicazione, risulta pertanto indispensabile avere informazioni dettagliate sulla pericolosità di un prodotto fitosanitario. Allo scopo di rendere disponibili tutti i dati relativi ai fitofarmaci, questi ultimi possono essere immessi in commercio solo se confezionati in involucri o imballaggi chiusi, non manomissibili, dotati di opportune etichette, regolarmente autorizzate dal Ministero della sanità.

La classificazione tossicologica di un fitofarmaco è basata sulla determinazione sperimentale della sua dose letale ( $DL_{50}$ ), espressa in parti per milione (ppm) o milligrammi per chilo (mg/Kg) di peso vivo. Quanto più è bassa la  $DL_{50}$ , più tossico sarà il prodotto. In base all'articolo 3 del DPR n. 1255/68 i fitofarmaci venivano classificati in quattro classi tossicologiche:

- **Prima classe:** Prodotti la cui manipolazione ed impiego si rendono responsabili di intossicazioni mortali per l'uomo. Rientrano in questa classe i prodotti il cui  $DL_{50}$  è inferiore a 50 mg/Kg.
- **Seconda classe:** Prodotti la cui manipolazione ed impiego si rendono responsabili di intossicazioni gravi per l'uomo. Rientrano in questa classe i prodotti il cui  $DL_{50}$  è compresa tra 50 e 500 mg/kg.
- **Terza classe:** Prodotti la cui manipolazione ed impiego possono provocare intossicazioni per l'uomo. Il valore di  $DL_{50}$  per questa classe è superiore a 500 mg/kg.

- **Quarta classe:** Prodotti la cui manipolazione ed impiego possono comportare rischi minori per l'uomo.

Dal 1992 è entrata in vigore una nuova classificazione delle sostanze attive, al fine di uniformare le legislazioni fitosanitarie dei paesi dell'Unione Europea in termini di classificazione, imballaggio ed etichettatura.

La nuova classificazione CE prevede due classi tossicologiche a fronte delle quattro sopra descritte. Nella I classe rientrano i **prodotti molto tossici (T+)** o **tossici (T)** il cui impiego ed acquisto è consentito esclusivamente al personale qualificato munito del patentino, come previsto all'art. 23 del D.P.R. 3 agosto 1968, n. 1255. Nella II classe rientrano i prodotti **nocivi (Xn)**, per il cui impiego è sempre necessario il possesso del patentino. Gli **irritanti (Xi)** e le altre sostanze la cui tossicità non è rilevante (esenti da classificazione) fanno parte della ex III e IV classe tossicologica, così come previsto dal succitato D.P.R. n. 1255/68.

#### **IV. e) ORGANIZZAZIONE DEI DATI**

Si tenga presente che l'applicazione di tecnologie avanzate in agricoltura richiede la realizzazione di un sistema informativo adeguato, da impiegare nella pianificazione dei processi produttivi aziendali. Pertanto, se nella fase iniziale dell'attività sono stati raccolti dati analitici, in grado di offrire una caratterizzazione completa del territorio, relativamente ai consumi e agli impieghi di prodotti fitosanitari, successivamente, nel corso del secondo anno di attività, è stato necessario organizzare gli stessi dati sotto forma di banca dati, in maniera da rendere le informazioni facilmente fruibili e manipolabili.

Crescendo la mole di dati, è necessario un più intenso lavoro di interpretazione degli stessi, con un aumento del rischio di commettere errori: per questo motivo è stato ritenuto opportuno implementare delle semplici maschere di interrogazione, il cui sistema informativo di riferimento è rappresentato dalla Banca Dati Agrometeorologica Regionale, in cui sono confluite tutte le informazioni acquisite nel corso del primo anno di attività. La Banca Dati Agrometeorologica, insieme alle osservazioni agrofienologiche raccolte e imputate, alimenta costantemente il portale con i dati provenienti dalle centraline Agrometeo dislocate sul territorio. A partire da questo importante serbatoio di dati, attraverso le funzionalità estremamente dinamiche del portale, è possibile lanciare le esecuzioni dei modelli per la previsione dello sviluppo dei fitofagi e verificarne la bontà del dato simulato.

## **V. L'AGROMETEOROLOGIA**

Gli studi sulle applicazioni meteorologiche e climatologiche nell'ambito del settore agricolo cominciano ad essere approfonditi a livello scientifico dopo il 1700. Nel corso degli ultimi tre secoli essi si sono progressivamente estesi all'interno delle scienze agronomiche.

Nel 1913 fu istituita una specifica commissione, Commission for Agriculture Meteorology, nell'ambito dell' allora IMO (International Meteorological Organization), oggi WMO (World Meteorological Organization). Gli obiettivi che si propongono i programmi della commissione riguardano il supporto alle attività ed alle produzioni agricole e alimentari, anche promuovendo e stimolando la diffusione e la crescita di servizi specialistici in grado di aiutare le comunità agricole e rurali a sviluppare sistemi agricoli economicamente ed ecologicamente sostenibili, a migliorare la qualità e la quantità delle produzioni, a ridurre le perdite e i rischi, a ridurre i costi, ad aumentare l'efficienza dell'uso dell'acqua irrigua, del lavoro e dell'energia, a conservare le risorse naturali e ridurre l'inquinamento ambientale riconducibile alle attività agricole.

L'agrometeorologia, disciplina che si colloca nell'ambito delle scienze applicate, è una scienza giovane; esiste da circa cinquanta anni. Attualmente viene utilizzata a livello operativo nell'ambito dei servizi di divulgazione agricola in più della metà dei paesi del mondo. In una decina di nazioni, caratterizzate da livelli economici e tecnologici più evoluti, viene anche applicata direttamente dagli stessi agricoltori. Molte conoscenze ormai acquisite e consolidate meritano di essere diffuse, adattandole alle diverse situazioni locali; così come risulta necessario un maggiore impegno informativo, a tutti i livelli, circa la conoscenza dei benefici economici e delle possibilità pratiche che possono offrire le applicazioni dell'agrometeorologia.

Il crescente fabbisogno mondiale di risorse alimentari, legato all'aumento considerevole della popolazione del Pianeta da un lato e, l'intrinseca variabilità meteorologica, accompagnata spesso da una crescente intensificazione dei fenomeni estremi (alluvioni, siccità, estremi termici,

ecc.) dall'altro, suggeriscono un sempre maggiore ricorso alle applicazioni di tipo agrometeorologico. Anche se in molti paesi delle aree temperate le produzioni agricole sono cresciute notevolmente, soprattutto negli ultimi venti anni, la stessa crescita risulta molto più rallentata in altre parti del mondo, principalmente in Africa.

La crescente espansione delle coltivazioni agricole nelle regioni semi-aride della Terra comporta una maggiore attenzione nell'uso delle limitate risorse idriche in quelle aree dove, per converso, risultano molto elevate le disponibilità di energia radiante e, quindi, le potenzialità fotosintetiche. In tali contesti, il contributo tecnico ed economico che può fornire l'agrometeorologia è davvero rilevante.

L' agrometeorologia può contribuire a ridurre i nuovi e spesso notevoli problemi legati all'impiego eccessivo dei diversi input tecnologici, di tipo chimico e non (fertilizzanti, fitofarmaci, diserbanti, acqua irrigua, combustibili, plastica, ecc.) che conducono, in ultima analisi, sia al depauperamento delle risorse naturali non rinnovabili (acqua, suolo, aria, ecc.) sia a conseguenze dirette sulla salute degli operatori del settore e dell'intera collettività.

Il settore agricolo può quindi trarre grandi vantaggi dalle applicazioni agrometeorologiche, sia sfruttando al meglio le informazioni meteo-climatiche, intese come risorsa, mirando al miglioramento della produttività dell'azienda agricola e del reddito dell'imprenditore, sia limitando, o ancora meglio prevenendo i danni conseguenti agli eventi estremi del tempo meteorologico, considerati invece come avversità.

Attraverso l'agrometeorologia e l'agroclimatologia si possono raggiungere i seguenti obiettivi principali:

- migliorare l'efficacia e l'efficienza delle operazioni agricole: lavorazioni del terreno, semina e impianto delle colture, fertilizzazione, irrigazione, difesa fitosanitaria, interventi di controllo delle erbe infestanti, raccolta, conservazione e commercializzazione dei prodotti;

- diffondere e divulgare i sistemi e le tecniche colturali ecocompatibili;
- migliorare la produttività e la qualità delle produzioni agricole, zootecniche e forestali;
- ridurre i costi di produzione;
- aumentare la redditività delle imprese;
- diversificare della produzione e salvaguardare le biodiversità;
- ridurre l'inquinamento ambientale;
- migliorare la qualità di vita degli operatori agricoli.

Va innanzitutto precisato che nel caso in cui gli elementi del clima (radiazione solare, temperatura e umidità dell'aria, velocità e direzione del vento, precipitazioni, pressione atmosferica, ecc.) vengono analizzati in un'ottica di breve periodo (il giorno, la settimana, il mese, la stagione o l'anno correnti), allora si parla in senso stretto di meteorologia e quindi di dati ed elaborazioni di tipo meteorologico. Qualora invece gli stessi elementi vengono considerati in un'ottica di lungo periodo (in genere l'ultimo trentennio standard), più correttamente si parla di clima e quindi di dati ed elaborazioni di tipo climatologico.

Al fine di comprendere pienamente quanti e quali contributi possono derivare concretamente dall'agrometeorologia, occorre innanzitutto considerare che tutto parte dall'osservazione e dall'analisi dei fenomeni meteorologici (dati) e bio-agronomici (ciclo di sviluppo, crescita e produzione delle coltivazioni agricole), recenti, attuali e imminenti, al fine di elaborare specifici modelli matematici di simulazione, sia dei fenomeni biologici che dei processi fisici presenti nei sistemi colturali (terreno, pianta, e bassa atmosfera). Si tratta, quindi di ipotizzare, attraverso l'approfondita conoscenza delle relazioni esistenti fra uno o più parametri di tipo meteorologico e uno o più parametri di tipo bio-agronomico, l'evoluzione dello stato delle coltivazioni e degli altri elementi dell'agro-ecosistema di cui esse stesse fanno parte (suolo, acqua, bassa atmosfera, insetti, funghi e altri elementi della biosfera, ecc.). Lo scopo è

quello di conoscere, in maniera tempestiva e accurata la situazione attuale e quella prevedibile nell'immediato futuro, al fine di decidere sui più idonei e convenienti interventi agronomici da intraprendere, nell'ottica di un ottimale rapporto costi/benefici (non solo di tipo strettamente economico) legato al successo delle attività agricole, zootecniche e forestali.

Nel caso di nostro interesse, l' agrometeorologia ha trovato ottimo impiego nella difesa fitosanitaria.



## **VI. CONTESTO OPERATIVO: LA RETE AGROMETEOROLOGICA PUGLIESE**

Appare evidente che la sperimentazione di modelli previsionali richiede un sistema efficiente ed articolato che ne consenta l'implementazione su scala regionale.

La Regione Puglia, a tale proposito, si è dotata negli anni di una valida rete agrometeorologica, in grado di fornire una molteplicità di servizi all'utenza interessata.

Nell'ambito dell'area "agrometeorologica", attualmente, vengono erogati i seguenti servizi:

- previsionali
- di monitoraggio
- di assistenza specialistica
- di divulgazione dei prodotti.

L'attività comprende il monitoraggio dei parametri agrometeorologici, l'elaborazione di previsioni agrometeorologiche a breve termine, l'elaborazione delle previsioni di rischio per le colture sul territorio regionale, la divulgazione delle informazioni.

Il monitoraggio agrometeorologico riguarda la capacità di analizzare le condizioni agrometeorologiche osservate e di valutare correttamente i fenomeni e gli eventuali rischi associati. Tale componente si avvale essenzialmente di strumenti modellistici con output tabellari, grafici e cartografici che consentono l'analisi e la rappresentazione dei campi agrometeorologici al suolo ed in quota, mediante l'integrazione di dati rilevati da piattaforme osservative diverse, quali, ad esempio, stazioni meteorologiche, satelliti meteorologici (meteosat), ecc.

Il servizio di previsione meteorologica, a fini essenzialmente agricoli, viene erogato dal Centro Operativo Regionale (COR).

I prodotti previsionali vengono, poi, resi disponibili, ai Centri Operativi Provinciali (COP), e da questi ai diversi utenti attraverso Bollettini, messaggi di posta elettronica, segreteria telefonica, pC Fax ed a mezzo Internet.

I principali prodotti del servizio previsionale sono rappresentati da mappe di previsione a breve e medio termine di parametri meteorologici (con particolare riferimento a quelli di interesse agricolo, ad esempio: precipitazione, temperatura, ecc.), nonché messaggi descrittivi della situazione osservata e dell'evoluzione prevista, con gli eventuali fenomeni critici previsti.

In aggiunta, vengono acquisiti ed utilizzati presso il COR, grazie al Protocollo di Intesa sottoscritto in data 7 febbraio 1995, tra Regione Puglia e Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, ed al contratto stipulato tra la Regione Puglia l'Aeronautica Militare, i seguenti prodotti:

- previsioni del Centro Europeo per le Previsioni a Medio Termine di Reading, con una validità fino a 5 giorni, elaborate da un modello globale in grado di risolvere la fenomenologia meteorologica su scale dell'ordine dei 100 km;
- previsioni locali oggettive elaborate dal sistema ARGO del Servizio Meteorologico dell'AM: consistenti in previsioni statistiche su singole località, con una validità fino a 5 giorni, relative ad alcune grandezze meteorologiche al suolo o alla probabilità del verificarsi di determinati eventi (es: pioggia, temporali, ecc.) su un numero limitato di siti nella Regione (Bari, Gioia del Colle, Foggia, Brindisi, Ginosola, Lecce, S. Maria di Leuca), rappresentativi, in generale, di aree aeroportuali;
- previsioni in chiaro formulate dal Servizio Meteorologico dell'AM: si tratta di messaggi descrittivi dell'evoluzione della situazione, a scala sinottica, redatti dai previsori dell'AM;
- previsioni a livello nazionale, del SIAN (Servizio Informativo Agricolo Nazionale) elaborate dal modello meteorologico ad area limitata appositamente sviluppato per il MiRAF e denominato DALAM. Tali previsioni hanno una validità fino a 72h ed una risoluzione al suolo di

circa 30 km. Esse vengono attualmente ricevute al COR ed utilizzate come base per la previsione in base al modello a scala di maggiore dettaglio denominato PULAM.

Tali prodotti vengono resi disponibili sia sotto forma alfanumerica (tabelle), sia sotto forma grafica (mappe, o grafici per le previsioni ARGO) e vengono essenzialmente utilizzati dal COR per la redazione dei messaggi previsionali sulla Regione Puglia, sono attualmente diffusi essenzialmente mediante Bollettini Agrometeorologici Regionali sia a cadenza settimanale che giornaliero con i relativi aggiornamenti.

Gli obiettivi raggiunti sono stati quelli di fornire alla Regione un sistema per le previsioni meteorologiche, specificatamente orientato alle attività agricole, ma utilizzabile anche in altri comparti, quali ad esempio Protezione Civile, Trasporti, Turismo, ecc., in grado di:

- permettere la previsione di fenomeni a breve e a medio termine, ovverosia alle diverse scale temporali di interesse per l'agricoltura e per altri comparti;
- consentire, almeno per le previsioni a breve termine, di arrivare ad un dettaglio spaziale in grado di risolvere le eventuali caratteristiche a scala regionale dei fenomeni meteorologici ;
- consentire la post-elaborazione, su base fisico-statistica, dei dati dei modelli meteorologici per ottenere prodotti specializzati in base alle caratteristiche climatiche della regione (es. mappe di temperatura minima o massima prevista) e/o prodotti specializzati per un particolare utilizzo (es. mappa delle zone in cui sono previste gelate);
- fornire prodotti grafici ed elaborazioni diffondibili ai diversi utenti anche in maniera automatica mediante strumenti telematici innovativi;
- fornire previsioni meteorologiche a medio termine, per una caratterizzazione dell'evoluzione dei fenomeni atmosferici a scala sinottica e fino a 5 giorni in avanti;
- fornire previsioni meteorologiche a breve termine (24 - 48 ore) a scala regionale;
- fornire modelli per la post-elaborazione specializzata delle previsioni numeriche.

Si tenga presente, però, che il principale compito istituzionale del Servizio Agrometeorologico Regionale è l'elaborazione dei dati osservati e /o previsti al fine di ottenere informazioni sullo stato delle colture e sui rischi associati alle condizioni meteorologiche attuali e previste.

Con il precedente programma di attività, il Servizio è stato dotato di strumenti che consentissero di analizzare la situazione meteorologica e climatica e di produrre specifiche elaborazioni al fine di fornire indicazioni sui rischi per le colture di interesse agricolo.

Nella Banca Dati Agrometeorologica Regionale, sono stati resi disponibili, inoltre, i risultati dell'analisi climatologica elaborata a scala regionale su una maglia di circa 10x10 km. Inoltre, sempre nella Banca Dati, sono disponibili diverse statistiche climatologiche elaborate, sulle singole stazioni (appartenenti alle reti UCEA, AM e LLPP), a partire dai dati storici climatici resi disponibili “una-tantum” dal SIAN.

L'attuale rete di rilevamento meteorologico nella REGIONE PUGLIA è costituita:

- da n. 130 stazioni meteorologiche mod. SM 3820 SIAP, dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (ora Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Puglia); distribuite sull'intero territorio regionale e rilevano misure pluviometriche, termometriche, pressione atmosferica, umidità e velocità del vento; di cui, n. 50 di esse sono in telemisura, ma presto anche le altre saranno trasformate per l'acquisizione remota dei dati.

- da n. 45 stazioni agrometeorologiche dei Consorzi di difesa, (ASSOCODIPUGLIA) mod. SM 3830 SIAP che rispettano i criteri internazionali OMM; di queste si hanno due tipi di configurazione:

- n. 25 (*5 per provincia*) che rilevano misure di temperatura al suolo, a - 50 cm, a - 10 cm, temperatura dell'aria a 2 m, precipitazione, umidità relativa, velocità del vento a 2 e 10 m, direzione del vento a 10 m, bagnatura fogliare, radiazione solare, eliofania e pressione

atmosferica, collegate tramite Modem e tramite GSM direttamente alla banca dati regionale ASSOCODIPUGLIA;

- n. 20 (*4 per provincia*) che rilevano i parametri di temperatura del suolo a - 10 cm, temperatura dell'aria a 2 m, precipitazione, umidità relativa, velocità del vento a 2 m, bagnatura fogliare, radiazione solare, collegate tramite modem alle banche dati provinciali e da questi alla banca dati regionale ASSOCODIPUGLIA;

- da n. 7 Stazioni meteorologiche dell'Aeronautica Militare, (Bari, Gioia del Colle, Foggia, Brindisi, Ginosa, Lecce, S. Maria di Leuca);

- da n.2 Stazioni agrometeorologiche dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria – UCEA (Turi - Palo del Colle);

- da altre stazioni agro e meteorologiche di altri enti ed istituzioni: Istituto Agronomico Mediterraneo, Istituto Sperimentale Agronomico, Università degli Studi di Bari-Foggia-Lecce, Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura, Consorzi di Bonifica, ecc..

L'ottimale ubicazione delle stazioni di monitoraggio è stata stabilita attraverso l'applicazione di metodologie geostatistiche, alla base delle quali vi è stata una caratterizzazione climatica del territorio mediante l'analisi delle serie storiche dei dati climatici disponibili.

L'applicazione dei metodi geostatistici fornisce importanti risposte a tutte le discipline che si collocano in un contesto spaziale o spazio-temporale e che sono alla base dello studio dei fenomeni ambientali che più frequentemente si manifestano sul territorio.

La valutazione geostatistica tiene conto dei principali parametri che possono condizionare il clima di una regione, pertanto oltre a precipitazioni e temperature, vengono considerate anche la direzione e l'intensità del vento oltre che l'umidità e l'irraggiamento.

In aggiunta, sono stati considerati ulteriori parametri capaci di influire sulla corretta ubicazione delle stazioni agrometeorologiche, quali la *morfologia del territorio* con particolare riferimento all'*esposizione*, all'*altimetria*, alla *pendenza* ed alla *vicinanza alla costa e l'uso del*

*suolo* con riferimento alla copertura vegetale. La stima delle relazioni che intercorrono tra i dati di monitoraggio disponibili e tali fattori, hanno fornito informazioni utili sulle ubicazioni più rappresentative del territorio regionale.

Nella valutazione che ha condotto alla ubicazione ottimale delle stazioni sono stati considerati quegli aspetti logistici che vanno ad incidere sui costi di installazione, di gestione e di manutenzione delle stazioni, quali la vicinanza alla viabilità principale, la sicurezza del sito allo scopo di evitare furti e manomissioni, etc.

Per l'ottimale ubicazione delle stazioni si è fatto ricorso ad un insieme di tecniche quali il *kriging* ed il *cokriging*, finalizzate alla stima del valore di grandezze spazializzate ossia legate intrinsecamente al territorio. Il valore della geostatistica rispetto ad altre tecniche di interpolazione è, inoltre, legato all'importanza che queste tecniche attribuiscono alla geometria dell'area all'interno della quale le interpolazioni vengono effettuate.

In particolare, il kriging e le sue varianti forniscono assieme alla stima della grandezza spaziale di interesse anche un parametro aggiuntivo detto “*varianza di stima*” che fornisce una misura della precisione della stima stessa.

Questo parametro è collegato alla numerosità dei dati campionati sulla base dei quali l'interpolazione viene effettuata ed anche alla geometria del territorio considerato.

## VII. CENNI SUI MODELLI MATEMATICI

Per modello matematico si intende una rappresentazione matematica, più o meno semplificata, di un sistema, cioè di una parte limitata della realtà che contiene elementi tra loro correlati (De Wit, 1993).

Un modello è un costrutto matematico che, con l'aggiunta di certe interpretazioni verbali, descrive dei fenomeni osservati (John Von Neumann, citato da Israel, 2002).

La storia dei modelli convenzionalmente si fa iniziare con Galileo Galilei (1564-1642). Prima di allora, nel Medioevo, la concezione dominante prevedeva una rigida distinzione tra il mondo dei corpi celesti e il mondo della terra.

Nel cinquecento l'uso della matematica si va affermando anche in settori diversi dall'astronomia, ed essa viene impiegata anche a problemi di ingegneria e di artigianato e quindi a questioni legati al mondo terrestre.

Galilei intuisce che è possibile fondere tra di loro le due facce della matematica, che era considerata fin dai tempi dei Greci una forma di pensiero e speculazione pura, ma che era anche già utilizzata come strumento per la soluzione di problemi pratici di natura ingegneristica. L'intuizione di Galilei è che la natura è fondamentalmente semplice: l'apparente complessità dei fenomeni nasconde però delle leggi che possono essere tradotte nel linguaggio logico e razionale della matematica. La matematica non è più quindi solo speculazione e non serve solo a risolvere problemi pratici: essa è il linguaggio per tradurre e comprendere le leggi con cui funziona la natura.

Il processo di conoscenza è quindi il seguente: (1) osservazione dei fenomeni; (2) formulazione di un'ipotesi, nel linguaggio della matematica (3) verifica sperimentale dell'ipotesi.

In sostanza, la descrizione matematica dei fenomeni naturali sostituisce una descrizione "qualitativa"; nasce il modello matematico come rappresentazione della *verità* e delle leggi fisiche.

Se Galilei ha posto le basi per l'uso dei modelli matematici nella scienza, è stato Isaac Newton (1642-1727) che è riuscito a completare la fusione del mondo celeste e quello terrestre, attraverso la legge della gravitazione universale, che è appunto uno schema descrittivo matematico (un modello) suggerito dall'esperienza, che spiega il moto dei corpi. Ciò è possibile anche grazie all'introduzione di strumenti matematici adeguati, come il calcolo differenziale.

La cosa interessante è che il costrutto formale che ne risulta è tale da permettere di prevedere quello che succederà in un certo sistema di corpi, in quiete o in moto, in un qualunque momento del futuro o in qualunque momento del passato, semplicemente conoscendo lo stato iniziale del sistema e le forze che su di esso agiscono. Si va insomma facendo strada il "principio del determinismo" di cui sono intrisi tutti gli studi della meccanica classica: lo stato passato e futuro di un sistema è completamente determinato dal suo stato iniziale e dalle forze che su esso agiscono; non sono quindi possibili deviazioni di tipo casuale od aleatorio.

Questa idea di una legge matematica che governa la natura contagia gli scienziati dell'epoca, che con Laplace (1749-1827) arrivano ad estendere il principio del determinismo a tutti i fenomeni meccanici e addirittura a tutti i fenomeni naturali (meccanicismo o riduzionismo meccanicista).

In realtà questa concezione è destinata a scontrarsi con la realtà e altri scienziati osservano che molti fenomeni fisici non possono essere spiegati con le leggi matematiche del moto dei corpi. Ma soprattutto subentrano altre teorie scientifiche (relatività, legge dei quanti, meccanica quantistica) che presentano fenomeni alla base delle quali non vi è più una certezza deterministica, ma addirittura una definizione probabilistica.

Tutto questo inizia a mettere in crisi il concetto classico di modello matematico come rappresentazione della realtà di un fenomeno scientifico. La crisi è ancora più evidente quando negli anni '20 e '30 si inizia ad applicare modelli matematici alla biologia e all'economia, due



settori scientifici altamente complessi, che riguardano sistemi fondamentalmente aperti, con notevoli influenze esterne difficili da quantificare e conoscere con dettaglio.

Il modello matematico non può più essere considerato come la "spiegazione della verità" sull' Universo.

A questo punto la modellistica matematica viene investita di un ruolo nuovo: essere l'immagine di un settore della realtà, del quale rappresenta uno schema ed una descrizione, la cui validità va ricercata unicamente sulla sua capacità di funzionare in un intervallo di condizioni sufficientemente ampio.

Quindi non ha nessuna importanza il fatto che un modello per analogia sia applicato a fenomeni totalmente diversi: interessa il modo in cui il modello funziona.

Inoltre, dato che non è più necessario che il modello rifletta l'armonia e la semplicità dell'Universo, è possibile ricorrere anche a nuove costruzioni matematiche meno semplici come le reti neurali, i frattali e i modelli stocastici.

I modelli matematici si distinguono ulteriormente a seconda della loro semplicità in empirici e meccanicistici (o causali) (Thornley, 1976; Hunt, 1982; Decoursey, 1992).

I modelli empirici sono generalmente basati su semplici osservazioni della realtà: si individua una grandezza fisica la cui variazione provoca la modifica del livello di un'altra grandezza fisica, si deriva una legge matematica che descrive sufficientemente bene il fenomeno e si utilizza questa funzione per la descrizione dei dati sperimentali.

I modelli empirici possono essere dinamici o statici a seconda che la dimensione tempo sia presa in considerazione o no, ma, in ogni caso, essi risultano sempre descrittivi: mostrano cioè l'esistenza di relazioni tra gli elementi del sistema, senza fornire informazioni sui processi che determinano l'effetto. Un semplice modello empirico è la funzione matematica esponenziale che descrive l'incremento del peso secco di una pianta nel tempo. Questa funzione è basata sulla semplice osservazione che, fino ad una certa fase del ciclo biologico, il tasso relativo di crescita

assume un valore costante nel tempo; essa descrive il processo (accrescimento), ma non spiega alcuno dei meccanismi fisiologici fondamentali che lo governano. I modelli empirici sono molto semplici, possono essere sviluppati senza grosse conoscenze scientifiche e, se utilizzati a fini predittivi, richiedono generalmente pochi *inputs*, risultando quindi di facile impiego. Gli svantaggi risiedono nel fatto che le predizioni basate su di essi possono lasciare ampi margini di incertezza, in quanto trattandosi di modelli descrittivi, i parametri hanno poco significato al di là delle condizioni sperimentali in cui sono stati determinati.

I modelli meccanicistici, come dice il nome stesso, descrivono e spiegano un determinato fenomeno in base ai meccanismi fondamentali che governano il funzionamento del sistema. Per esempio, l'incremento del peso secco di una pianta può essere descritto con una serie di funzioni più complesse, ognuna delle quali tiene conto di sottoprocessi più piccoli, come l'influenza delle caratteristiche meteorologiche ed ecofisiologiche della specie vegetale sull'intercettazione luminosa, sull'andamento del processo fotosintetico, sulla produzione di assimilati e, quindi, sull'incremento del peso secco. Il modello che ne risulta è piuttosto complesso, ma, almeno teoricamente, in grado di prevedere la crescita di una pianta qualunque siano le condizioni ambientali.

Anche i modelli meccanicistici possono essere statici o dinamici; un esempio di modello statico è quello in cui la distribuzione della luce sul canopy vegetale viene calcolata in dipendenza dell'architettura del canopy stesso, della radiazione riflessa e trasmessa dalle foglie, dalla posizione del sole e dalle condizioni luminose in genere. I modelli meccanicistici dinamici considerano invece la dimensione temporale e tendono a simulare l'andamento di un intero sistema. Per questo motivo sono spesso definiti modelli di simulazione.

Il dibattito tra gli autori sull'impiego di modelli empirici o meccanicistici è estremamente vivace, anche se è necessario menzionare il fatto che una distinzione netta non è sempre

possibile. Per decidere quale sia il modello più adeguato da utilizzare in una determinata situazione è necessario individuare quali sono le finalità che il modello stesso si propone.

Decoursey (1993) ha indicato le possibili finalità d' impiego di un modello matematico in:

1. Screening
2. Ricerca
3. Pianificazione, monitoring e valutazione

Anche in questo caso la distinzione tra classi non è netta e un modello può essere incluso in più di una classe.

**Modelli di screening.** I modelli di screening sono utilizzati per prevedere l' andamento di un fenomeno in diversi siti sperimentali, classificare questi ultimi in base a quanto osservato in relazione al fenomeno in studio ed individuare, eventualmente, quali siano quelli in cui sono necessarie ulteriori ricerche o monitoraggi in pieno campo. Questi modelli sono molto semplici, richiedono pochi *inputs* e non forniscono generalmente un *output* numerico, ma solo una descrizione della probabile risposta. Per questo motivo essi non sono adeguati per attività di monitoraggio, che richiede la misurazione più precisa di un certo fenomeno.

**Modelli di ricerca.** I modelli di ricerca, al contrario, sono molto complessi e generalmente di tipo meccanicistico. Descrivono una porzione, talvolta molto ridotta, di un sistema e permettono di prevedere, anche in modo molto preciso, l' effetto di perturbazioni esterne al sistema stesso. Siccome indagano su funzioni fisiologiche fondamentali, richiedono molti *inputs* e forniscono un *output* numerico (per es. la concentrazione di erbicida in un determinato istante e strato di terreno), ma richiedono supporti informatici molto complessi e tempi di elaborazione piuttosto lunghi. Per questo possono essere utilizzati solo da personale altamente qualificato per scopi di ricerca. Non necessariamente forniscono risultati di impiegabilità pratica e richiedono una attenta validazione in condizioni diverse da quelle in cui

sono stati definiti. Inoltre, non bisogna dimenticare che ogni modello teorico è valido solo fintanto che la teoria su cui è basato è valida.

**Modelli di pianificazione, monitoraggio e valutazione.** Questi modelli si collocano in posizione intermedia. Sono utilizzati per prevedere la risposta del sistema ad un cambiamento del suo stato o delle variabili *driving* (le influenze esterne, contrapposte alle variabili *state* che sono quelle interne al sistema stesso). Tutti i modelli, empirici e deterministici, più o meno complessi, possono essere utilizzati per questi scopi, purché forniscano un output numerico di precisione sufficiente agli scopi per cui il monitoraggio viene eseguito. Il principio guida è che il modello non dovrebbe mai avere una complessità maggiore di quella richiesta.

All'interno di questa categoria si trovano anche i modelli utilizzati o utilizzabili per l'assistenza tecnica, in un quadro di lotta integrata alle malerbe. La caratteristica fondamentale di questi ultimi dovrebbe essere non tanto la precisione, che deve essere peraltro sufficiente, ma soprattutto la facilità d'impiego e la possibilità di funzionare in base a parametri rilevabili facilmente e precisamente. Dal momento che devono essere utilizzati in pieno campo, essi devono essere stati oggetto di una attenta validazione in numerose situazioni sperimentali diverse tra di loro (Donigian e Carsel, 1992).

I parametri su cui si basano i modelli, siano essi empirici o meccanicistici, dovrebbero essere noti a priori, in base alle conoscenze precedenti sul fenomeno in studio. I modelli statistici, anche detti descrittivi, invece, vengono definiti a posteriori, sulla base dei dati sperimentali osservati nel corso di un esperimento. In questo senso, essi non hanno nessuna validità al di là delle condizioni sperimentali che li hanno generati. Pertanto, nessun assunto può e deve essere fatto sulla loro capacità predittiva.

Nella gran parte dei casi le osservazioni sperimentali possono essere descritte tramite una funzione matematica del tipo:

$$E(Y) = f(X, \theta)$$

con la quale si intende appunto che il valore atteso dei dati ( $Y$ ) dipende da una o più variabili indipendenti ( $X$ ), tramite una determinata funzione  $f$ , la cui forma algebrica è definita da uno o più parametri  $\theta$ . In genere, il modello non riesce a spiegare completamente le osservazioni e rimane quindi un certo residuo, che costituisce il cosiddetto errore sperimentale:

$$E(Y) = f(X, \theta) + \varepsilon$$

In questa cornice, essendo in genere noto  $Y$ , che coincide con le variabili rilevate, l'analisi dei dati consiste dei seguenti passaggi:

1. Scelta di  $X$ , cioè delle cosiddette variabili esplicative. Queste possono essere note fin dall'inizio dell'esperimento, ma in alcuni casi potrebbe essere necessario scegliere un subset di variabili esplicative da un insieme più grande.
2. Scelta di  $f$ . Sono molti i modelli in cui  $f$  è una funzione lineare nei parametri.
3. Stima di  $\theta$ , detta anche parametrizzazione del modello.
4. Eventuali test d'ipotesi, volti, tra l'altro, a valutare se il modello descrive accuratamente i dati sperimentali.

L'adattamento di modelli matematici descrittivi ai dati sperimentali è una pratica molto comune e che trova numerose applicazioni in metodologia sperimentale. La risoluzione dei problemi è di particolare interesse, in quanto può in genere essere eseguita tramite semplici algoritmi, che costituiscono un evidente legame tra statistica, algebra lineare e geometria euclidea.

## VIII. MODELLISTICA IMPIEGATA

E' stata condotta un'attenta ricerca bibliografica sulla modellistica attualmente in uso per la difesa delle colture agrarie dalle avversità biotiche.

L'indagine ha interessato la modellistica attualmente in uso a livello internazionale, ma si è concentrata essenzialmente sui contributi forniti alla tematica dalle esperienze regionali. La contestualizzazione dell'efficacia degli strumenti previsionali nel settore agro – ambientale pugliese, ha fatto sì che l'attività di ricerca si concentrasse su sei specifici fitofagi e sui relativi modelli previsionali. Tenuto conto degli orientamenti produttivi della regione e sulla base di questi ultimi, delle priorità in termini di avversità parassitarie, le indagini sono state condotte sulle colture di vite, olivo, ciliegio, agrumi e pomodoro ed hanno interessato i seguenti fitofagi: Mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*); Tignola dell'olivo (*Prays oleae*); Cocciniglia rossa forte degli agrumi (*Aonidiella aurantii*); Frankliniella della vite (*Frankliniella occidentalis*); Mosca del ciliegio (*Rhagoletis cerasi*); Afidi del pomodoro (*Myzus persicae*).

Si premetta che, tra la modellistica in uso, sono state preferite quelle soluzioni che rispondessero ai seguenti criteri:

✓ Semplicità e applicabilità nell'ambito di un Servizio Tecnico Agrario Regionale;

✓ Applicazione con buoni risultati in situazioni climatiche simili a quella della Regione Puglia;

✓ Affidabilità e robustezza del modello scelto;

✓ Informazioni necessarie in ingresso semplici e in uscita efficaci.

## MODELLO n° 1: Mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*)

La previsione della fenologia della mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*), rispetto ad altri fitofagi, risulta complicata dalla difficoltà di distinguere le diverse generazioni e i relativi picchi di volo che sono in genere sovrapposti.

Sono stati esaminati allo scopo di ottenere il modello che più si adatta al clima pugliese tre tipi di modelli:

- il primo utilizza le somme termiche ed è stato sviluppato in Toscana basandosi su precedenti ricerche sviluppate in Umbria (Pitzalis M. 1984);
- il secondo sviluppato in Sardegna, che è un modello di dinamica della popolazione (Cossu Q. Antonio, Gavino Delrio, Giulio Di Cola, Gianni Gilioli)';
- infine il terzo è un modello semiempirico (C. Pucci 1991), che tramite la relazione fra il numero di femmine catturate e la temperatura media fornisce un'indicazione sul rischio di attacco.

Questo ultimo modello è stato scelto essenzialmente per tre motivi:

- applicazione con risultati positivi in Italia Centro-Meridionale e in Croazia;
- semplicità e affidabilità della previsione;
- disponibilità di dati sperimentali in differenti tipologie di territorio.

Il modello prescelto ha alla base la determinazione delle femmine della mosca dell'olivo catturate settimanalmente dalle trappole cromotropiche. Le variabili necessarie alla determinazione del rischio di infestazione sono state determinate con il metodo dell'analisi canonica (Pucci C. 1991) valutando l'effetto di diversi parametri fra i quali anche la piovosità. Il modello è stato verificato in diversi ambienti dell'Italia Centro Meridionale fra i quali quello Abruzzese (Di Lena et al. 1999 e 2000) e quello Materano (Castoro V. 1996).

Il modello ha lo scopo di limitare il gravoso lavoro settimanale di analisi delle drupe per la determinazione della gravità dell'infestazione e il rispetto delle normative comunitarie circa il

minor impiego di fitofarmaci. In tale ottica il sistema vuole supportare il servizio di difesa integrata, sviluppando linee di difesa in grado di tutelare l'ambiente e garantire la qualità e la salubrità dei prodotti in base alle norme previste dai regolamenti CEE 2078 e 2092.

Il presente modello si applica al periodo in cui le drupe sono recettive all'attacco della *Bactrocera oleae* e cioè dalla fase in cui si completa l'indurimento del nocciolo a quella dell'invasatura (luglio – ottobre).

La formula alla base del modello è la seguente:

$$Z = a (Fm - c1) - b (Tm - c2)$$

Dove:

Z = soglia di intervento

Fm = numero medio di femmine/trappola/settimana

Tm = Temperatura media della settimana

$$Tm = \frac{((Tmax1 - Tmin1)/2 + (Tmax2 - Tmin2)/2 + \dots + (Tmax7 - Tmin7)/2)}{7}$$

Dove Tmax e Tmin sono rispettivamente le temperature massima e minima del giorno e i numeri da 1 a 7 sono relativi alla settimana di riferimento con il 7° giorno pari a al giorno di rilevamento delle catture.

La temperatura media della settimana è ottenuta dalla media delle temperature massime e minime giornaliere. La settimana di riferimento ha come ultimo giorno il giorno di rilevamento delle catture. Da tale data si esegue la media delle temperature dei sette giorni precedenti.

a, b, c1 e c2, sono costanti che dipendono dalla tipologia di zona di produzione:



	Non irriguo	Irriguo	Irriguo Costiero
a	0,039	0,039	0,039
b	0,186	0,186	0,186
c1	9,7	9,7	9,7
c2	22,1	23,5	24,3

Quando il valore di soglia di intervento  $Z$  è maggiore o uguale a 0,1 si suggerisce l'intervento insetticida, in quanto è altamente probabile che nelle successive due settimane l'infestazione d'acica a carico delle drupe superi la soglia del 10 %.

I coefficienti esposti sopra, sono stati opportunamente calibrati.

### ***Input***

#### *Da database*

- $T_{maxN}$  = Temperatura massima del giorno N della settimana di riferimento
- $T_{minN}$  = Temperatura minima del giorno N della settimana di riferimento

#### *Utente*

- $F_m$  = numero medio di femmine/trappola/settimana
- Tipo di zona di produzione
- Data catture

### ***Output***

- $Z$  = soglia di intervento

## MODELLO n° 2: Tignola dell'olivo (*Prays oleae*)

Il modello simula lo sviluppo della tignola dell'olivo e fornisce la previsione sul volo della generazione antofaga sulla base dell'accumulo termico calcolato a partire dal primo di gennaio. La tignola dell'olivo infatti, compie tre generazioni all'anno, una invernale, a carico delle foglie (generazione fillofaga), una primaverile sui fiori (generazione antofaga) e l'ultima, considerata più dannosa, sui frutti (generazione carpofaga).

I primi adulti dell'anno, nati dalla generazione che vive a spese delle foglie, compaiono tra marzo-maggio con massima presenza in campo verso la fine di aprile in contemporanea alla differenziazione dei bottoni fiorali ovvero all'ingrossamento degli stessi. Con la deposizione delle uova da parte delle femmine di questo volo, sui calici e sui petali che si apprestano alla fioritura, prende inizio la prima generazione dell'anno ovvero quella antofaga. Le larve di questa generazione penetrano nel boccio florale arrivando ad attaccarne più di dieci-venti. Gli adulti della generazione antofaga andranno a deporre sulle piccole drupe all'altezza dei calicetti, a **metà giugno**, e le larvette penetrano l'endocarpo prima che questo indurisca, all'incirca a metà di luglio, giungendo all'altezza del nocciolo provocando la cascola precoce della drupa. All'inizio dell'autunno le larve, ormai mature, della suddetta generazione carpofaga, usciranno dalla drupa all'altezza del picciolo causando una eventuale seconda caduta del frutto che sarà più dannosa dal punto di vista della produzione. Gli adulti della generazione carpofaga, a questo punto, voleranno fino ad autunno avanzato, quando, deporranno sulle foglie, a livello della pagina inferiore, ma talvolta anche superiore, originando la generazione fillofaga, che avrà la possibilità di dare vita a più generazioni che, in funzione delle proprie esigenze, si ciberanno del tessuto fogliare scavandovi gallerie di grandezze e forme differenti.

Il modello si concentra su quest'ultima, antofaga, prevedendo il periodo critico compreso fra l'ovideposizione e la schiusura, periodo fondamentale per l'impostazione dei trattamenti, e che segue di pochi giorni il picco volo della generazione antofaga.

Il modello calcola l'accumulo di gradi giorno partendo dal 1° di gennaio utilizzando il metodo singolo seno. Le fasi che va a simulare sono le seguenti:

- Inizio volo generazione Antofaga
- Picco volo generazione Antofaga
- Fine volo generazione Antofaga

La fase di riferimento principale è quella del picco volo della generazione antofoga che avviene in genere in giugno. Gli adulti deporranno quindi le uova della generazione successiva quella Carpofaga. Il trattamento come consigliato da Pollini A., Ponti I., Laffi F. (1993) deve avvenire dieci giorni dopo il picco volo al momento in cui le uova si sono dischiuse e hanno dato origine alle larve. Di seguito viene proposto il prospetto riassuntivo dei dati di riferimento:

**Tab. 1:** dati base fenologia Tignola dell'olivo (*Prays oleae*)

Insetto	Fase fenologica	Temp. Soglia inferiore °C $T_L$	Temp. Soglia superiore °C $T_U$	Soglia di somma termica	Metodo di calcolo
Tignola dell'olivo	1° gennaio – inizio volo gen. Antofaga	10	50	618 = Dm1	Single sine
	1° gennaio – picco volo gen. Antofaga	10	50	757 = Dm2	Single sine
	1° gennaio – fine volo gen. Antofaga	10	50	1076 = Dm3	Single sine

La soglia termica superiore è impostata a 50° C perché non si prevede una soglia superiore di temperatura oltre la quale la crescita non viene influenzata. I dati sopra citati sono stati ottenuti da una ricerca svolta da AGRI 2000 sulla base delle osservazioni condotte dal personale delle Sezioni Operative di Assistenza tecnica di Castelvetro (TP), Mistretta (ME) e Mezzoiuso (PA).

Il modello va a determinare in base al valore giornaliero di gradi giorno °D<sub>N</sub> determinato con la Subroutine 1, l'accumulo dei gradi giorno, che confronta con le soglie impostate per valutare il raggiungimento o meno della fase fenologica.

## Input

*Da database*

→ Tmax - temperatura massima giornaliera dell'aria

→ Tmin - temperatura minima giornaliera dell'aria

*Utente*

→ N2 - data di fine della simulazione

Variabili utilizzate

➤ T<sub>L</sub> - soglia termica inferiore

➤ T<sub>U</sub> - soglia termica superiore

➤ °Dm - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in

esame

➤ N1 - data d'inizio della simulazione (1° gennaio)

➤ N2 - data di fine della simulazione

➤ Acc<sub>N</sub> - accumulo dei gradi giorno al giorno N-esimo

➤ T<sub>F</sub> - giorno in cui si verifica la fase fenologica in esame

Se la data di fine simulazione è posteriore alla data di interrogazione per i giorni successivi alla data di interrogazione si attinge alla banca dati delle temperature previsionali (SUBROUTINE 2).

## Output

Accumulo giornaliero dei gradi giorno Dtot<sub>N</sub> e date principali eventi fenologici T<sub>f</sub>

### MODELLO n° 3: Cocciniglia rosso forte degli agrumi (*Aonidiella aurantii*)

Il presente modello si basa sugli studi condotti dall'Osservatorio per le malattie delle piante di Acireale (Tumminelli R. 1996 - 2001) nell'ambito del Progetto regionale di lotta integrata della Regione Sicilia. Tale modello si basa sul metodo delle somme termiche semplificato (Subroutine 1). Ad altri modelli valutati (Grout T.G., 1989) si è preferito quest'ultimo per la vicinanza climatica e geografica.

Il computo dei gradi giorno parte dal primo di gennaio e si ricorre al metodo semplificato delle somme termiche, con soglia termica inferiore di 12 °C al di sotto della quale si ha lo zero di sviluppo. Il modello è stato testato su 8 aziende agrumicole localizzate nella Sicilia Orientale in regime di lotta integrata o biologica. Sono state considerate per l'arancio le cultivar "Navelina", "Moro", "Tarocco", "Valencia" e per il pompelmo la cultivar "Star Ruby".

La Cocciniglia Rosso Forte compie quattro voli: il primo fra marzo e maggio (generazione svernante, il secondo tra giugno e luglio (prima generazione), il terzo in agosto (seconda generazione) e il quarto fra settembre e dicembre (terza generazione). Di seguito si riportano i dati caratteristici del modello:

**Tab. 2:** dati base fenologia Cocciniglia rosso forte degli agrumi (*Aonidiella aurantii*)

Insetto	Fase fenologica	Temp. Soglia inferiore °C $T_L$	Soglia di somma termica	Metodo di calcolo
Cocciniglia rosso forte degli agrumi ( <i>Aonidiella aurantii</i> )	1° gennaio – 1° volo	12	190 = Dm1	Metodo semplificato
	1° gennaio – 2° volo	12	1014 = Dm2	Metodo semplificato
	1° gennaio – 3° volo	12	1506 = Dm3	Metodo semplificato
	1° gennaio – 4° volo	12	1999 = Dm4	Metodo semplificato

### **Input**

Il metodo richiede i seguenti dati:

#### *Da database*

→ Tmax - temperatura massima giornaliera dell'aria

→ Tmin - temperatura minima giornaliera dell'aria

#### *Utente*

→ N2 - data di fine della simulazione

#### ***Variabili utilizzate***

➤  $T_L$  - soglia termica inferiore

➤  $^{\circ}D_m$  - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in

esame

➤ N1 - data d'inizio della simulazione (1° gennaio)

➤ N2 - data di fine della simulazione

➤  $Acc_N$  - accumulo dei gradi giorno al giorno N-esimo

➤  $t_F$  - giorno in cui si verifica la fase fenologica in esame

Se la data di fine simulazione è posteriore alla data di interrogazione per i giorni successivi alla data di interrogazione si attinge alla banca dati delle temperature previsionali (SUBROUTINE 2)

#### ***Output***

Accumulo giornaliero dei gradi giorno  $D_{totN}$  e date principali eventi fenologici  $t_F$

#### MODELLO n° 4: Frakliniella della vite (*Frankliniella occidentalis*)

La Frankliniella adulta si nutre prevalentemente di polline e la sua attività si manifesta già in fase di prefioritura della vite. La previsione della comparsa del tripide è fondamentale per l'impostazione dei successivi trattamenti. Il ciclo del tripide, dall'uovo alla formazione dell'adulto, è notevolmente influenzato dalle temperature (Somma S., Ruggeri L. M., 1998).

Il modello va a prevedere la data di comparsa degli adulti del tripide utilizzando la metodologia dei gradi giorno esemplificata in tab. 3 (Jarisk et al., 1997). Il cultivar di riferimento è vite da mensa cultivar Italia. La particolarità del tripide richiede che i dati di tabella 3 siano funzione del cultivar (Laccone, 1991).

**Tab. 3:** dati base fenologia Frakliniella della vite (*Frankliniella occidentalis*) cultivar Italia

Insetto	Fase fenologica	Temp. Soglia inferiore °C $T_L$	Temp. Soglia superiore °C $T_U$	Soglia di somma termica	Metodo di calcolo
Frakliniella della vite cultivar italia	1° gennaio – prima comparsa adulti	10	50	400 = Dm1	Single sine

#### **Input**

Il metodo richiede i seguenti dati:

*Da database*

→ Tmax - temperatura massima giornaliera dell'aria

→ Tmin - temperatura minima giornaliera dell'aria

*Utente*

→ N2 - data di fine della simulazione

→ Cultivar

#### **Variabili utilizzate**

➤  $T_L$ - soglia termica inferiore

➤  $^{\circ}\text{Dm}$ - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in esame

➤  $N1$  - data d'inizio della simulazione (1° gennaio)

➤  $N2$  - data di fine della simulazione

➤  $\text{Acc}_N$  - accumulo dei gradi giorno al giorno N-esimo

➤  $T_F$ - giorno in cui si verifica la fase fenologica in esame

Se la data di fine simulazione è posteriore alla data di interrogazione per i giorni successivi alla data di interrogazione si attinge alla banca dati delle temperature previsionali (SUBROUTINE 2)

### ***Output***

Accumulo giornaliero dei gradi giorno  $D_{\text{tot}N}$  e date principali eventi fenologici  $t_F$



#### MODELLO N° 5: Mosca del ciliegio (*Rhagoletis cerasi*)

La mosca del ciliegio sverna allo stato di pupa nel terreno. Gli adulti compaiono alla fine di aprile – inizi di maggio, e la previsione di tale momento è di grande importanza per l'impostazione dei trattamenti. Gli attacchi ai frutti sono stati rilevati infatti dopo 10 giorni dalla cattura delle prime femmine, quindi dopo 17 giorni dall'inizio del volo (Romani M. 1999)

Il modello va a prevedere la data di comparsa degli adulti della mosca del ciliegio utilizzando la metodologia dei gradi giorno esemplificata in tab. 4 (Dimitri et al., 2000).

**Tab. 4:** dati base fenologia Mosca del ciliegio (*Rhagoletis cerasi*)

Insetto	Fase fenologica	Temp. Soglia inferiore °C $T_L$	Temp. Soglia superiore °C $T_U$	Soglia di somma termica	Metodo di calcolo
Mosca del ciliegio	1° gennaio – inizio volo	5	50	430 = Dm1	Single sine
	1° gennaio – picco volo	5	50	550 = Dm2	Single sine
	1° gennaio – fine volo	5	50	700 = Dm3	Single sine

Le soglie di somma termiche sopra riportate hanno carattere indicativo e necessitano di calibrazione e validazione nell'ambiente Pugliese.

#### ***Input***

Il metodo richiede i seguenti dati:

#### ***Da database***

→ Tmax - temperatura massima giornaliera dell'aria

→ Tmin - temperatura minima giornaliera dell'aria

#### ***Utente***

→ N2 - data di fine della simulazione

#### ***Variabili utilizzate***

➤  $T_L$  - soglia termica inferiore

➤ °Dm - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in esame

➤ N1 - data d'inizio della simulazione (1° gennaio)

➤ N2 - data di fine della simulazione

➤ Acc<sub>N</sub> - accumulo dei gradi giorno al giorno N-esimo

➤ t<sub>F</sub> - giorno in cui si verifica la fase fenologica in esame

Se la data di fine simulazione è posteriore alla data di interrogazione per i giorni successivi alla data di interrogazione si attinge alla banca dati delle temperature previsionali (SUBROUTINE 2)

### ***Output***

Accumulo giornaliero dei gradi giorno Dt<sub>totN</sub> e date principali eventi fenologici t<sub>F</sub>

#### MODELLO N° 6: Afidi del pomodoro (*Myzus persicae*)

L'afide (*Myzus persicae*), comunemente ritenuto il principale vettore di virus in orticoltura. Gli afidi effettuano una migrazione primaverile dagli ospiti primari (di solito colture arboree) agli ospiti secondari (piante erbacee). Tali migrazioni sono le più pericolose per la diffusione delle virosi (Tremblay E. 1997).

Il modello è stato testato da Tremblay E (1998) con risultati positivi sulla patata nello stato di Washington.

Il modello proposto va a prevedere la prima apparizione e il picco di migrazione degli afidi nella coltura del pomodoro utilizzando la metodologia dei gradi giorno esemplificata in tab.

5. Le soglie impostate hanno carattere indicativo e richiedono una attenta calibrazione e validazione.

**Tab. 5:** dati base fenologia Afidi del pomodoro (*Myzus persicae*)

Insetto	Fase fenologica	Temp. Soglia inferiore °C $T_L$	Temp. Soglia superiore °C $T_U$	Soglia di somma termica	Metodo di calcolo
Afidi del pomodoro	1° gennaio – prima apparizione	4	50	864 = Dm1	Single sine
	1° gennaio – picco migrazione	4	50	1278 = Dm2	Single sine

#### ***Input***

Il metodo richiede i seguenti dati:

##### *Da database*

→ Tmax - temperatura massima giornaliera dell'aria

→ Tmin - temperatura minima giornaliera dell'aria

##### *Utente*

→ N2 - data di fine della simulazione

#### ***Variabili utilizzate***

➤  $T_L$  - soglia termica inferiore

- $T_U$  - soglia termica superiore
- $^{\circ}D_m$  - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in

esame

- $N_1$  - data d'inizio della simulazione (1° gennaio)
- $N_2$  - data di fine della simulazione
- $Acc_N$  - accumulo dei gradi giorno al giorno N-esimo
- $T_F$  - giorno in cui si verifica la fase fenologica in esame

Se la data di fine simulazione è posteriore alla data di interrogazione per i giorni successivi alla data di interrogazione si attinge alla banca dati delle temperature previsionali (SUBROUTINE 2)

### ***Output***

Accumulo giornaliero dei gradi giorno  $D_{totN}$  e date principali eventi fenologici  $t_F$

## **VIII. a) SPECIFICHE FUNZIONALI**

### **SUBROUTINE 1: MODELLO GRADI GIORNO**

La modellistica dei gradi giorno si basa su alcune formule, che possono essere utilizzate per la previsione delle diverse fasi fenologiche delle piante (emissione dei germogli, fioritura, maturazione ecc.), ma anche per la simulazione dei cicli fisiologici d'insetti o altro. Si tratta, in sostanza, di definire quale sia la curva teorica che meglio segue l'andamento di risposta di un essere vivente (pianta o animale) ad uno dei più importanti fattori ambientali, la temperatura.

L'ammontare di calore richiesto da un dato organismo per completare lo sviluppo non varia e la combinazione di temperatura e tempo, entro due soglie termiche (minimo e massimo), si mantiene invariata. Di conseguenza, il tempo fisiologico è spesso espresso in unità particolari, chiamate "gradi-giorno" o "degree-days" ( $^{\circ}\text{D}$ ).

Il presente modello costituisce una subroutine per il calcolo delle somme termiche ad uso di tutti i modelli principali. Viene utilizzato anche utilizzato in modo indipendente per il calcolo dell'accumulo di somme termiche.

Si tenga innanzitutto presente che per gradi giorno si intende: unità che mette in relazione la temperatura dell'aria con il tempo; utilizzata per misurare lo sviluppo di un organismo da una fase all'altra del suo ciclo vitale. Il metodo si basa sulla conoscenza dell'ammontare totale di calore richiesto per passare da uno stadio fisiologico ad un altro.

Per simulare l'accrescimento dei fitofagi o dei vegetali vengono utilizzate varie curve, più o meno semplici. Fra quelli più utilizzati si citano i seguenti:

- 1) SOMME TERMICHE SEMPLIFICATO
- 2) SOMME TERMICHE SEMPLIFICATO CON CUT OFF
- 3) SINGLE SINE
- 4) SINGLE SINE CON CUT OFF
- 5) DOUBLE SINE

Con questi metodi è possibile, sulla base dell'andamento stagionale, fare delle simulazioni per stimare quando, per una data coltura, si verificherà un dato evento (es. la fioritura) o quando, per un dato insetto, si raggiungerà una certa fase fenologica (es. picco volo) e quindi organizzare i lavori di campo necessari.

### **Metodo 1: SOMME TERMICHE SEMPLIFICATO**

Ogni giorno si calcolano i gradi di temperatura che superano il valore della soglia termica inferiore,  $T_L$ , e si sommano a quelli dei giorni precedenti, verificando quando la somma dei gradi giorno,  $^{\circ}D_{tot}$ , raggiunge o supera un dato valore soglia,  $^{\circ}D_m$ , alla quale si verifica la fase fenologica in esame.

$$\sum_{N1}^{N2} \quad ^{\circ}D_{tot} = [T_m - T_L] \quad \text{per } T_m > T_L$$

$^{\circ}D_{tot}$  - sommatoria termica espressa in gradi giorno del giorno i-esimo

$^{\circ}D_m$  - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in esame

$T_m$  - temperatura media giornaliera

$T_L$  - soglia termica inferiore relativa alla fase fenologica in esame,

$N1$  - data d'inizio della simulazione

$N2$  - data di fine della simulazione (fino a data di interrogazione + 6 gg)

Se la data di fine simulazione è posteriore alla data di interrogazione per i giorni successivi alla data di interrogazione si attinge alla banca dati delle temperature previsionali (Vedi SUBROUTINE 2). I valori di temperatura del giorno di interrogazione saranno per forza parziali, ma per il calcolo dei gradi giorno si utilizzano  $T_{max}$  e  $T_{min}$  presenti al momento. La spazializzazione dei dati viene eseguita con la subroutine 2

### ***Input***

Gli input richiesti non sono molti e possono essere così riassunti:

*Input da database*

- ❖ Tmax - temperatura massima giornaliera dell'aria
- ❖ Tmin - temperatura minima giornaliera dell'aria

*Input utente o da programma principale*

- TL - soglia termica inferiore
- °Dm - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica

in esame

- N1 - data d'inizio della simulazione
- N2 - data di fine della simulazione

***Output***

Gli output dei modelli sono la data  $t_F$  in cui si verifica il superamento del limite impostato di somma termica Dm e l'accumulo dei gradi giorno  $D_{totN}$  dalla data di inizio alla data di fine simulazione.

## **Metodo 2: SOMME TERMICHE SEMPLIFICATO con CUT OFF**

In alcuni casi (vedi il modello della Mosca dell'olivo basato sui gradi giorno) si verifica che le alte temperature hanno un effetto inibente sulla fenologia del fitofago (o su quella della coltura). Per tenere conto di questo effetto *Pizalis M. (1984)* propone il seguente metodo:

1) Se  $T_{max} \leq T_U$

Il calcolo si esegue con il metodo Semplificato delle Somme termiche (n° 1)

2) Se  $T_{max} \geq T_U$

$$Dt_{totN} = Dt_{totN} \text{ (metodo 1)} - (T_{maxN} - T_U)$$

E cioè, qualora la temperatura massima fosse maggiore della temperatura di soglia massima al valore delle somme termiche calcolato con il precedente metodo (Somme termiche semplificato) si sottrae giornalmente il valore dato dalla differenza fra temperatura massima del giorno e temperatura di soglia massima.

Tale metodo denominato di cut off si inserisce nel ciclo giornaliero del calcolo delle somme termiche.

***Input (in aggiunta agli input del metodo 1: somme termiche semplificato)***

➤  $T_U$  - soglia termica superiore

***Output***

Gli output dei modelli sono la data  $t_F$  in cui si verifica il superamento del limite impostato di somma termica  $D_m$  e l'accumulo dei gradi giorno  $Dt_{totN}$  dalla data di inizio alla data di fine simulazione.



### Metodo 3: SINGOLO SENO (SINGLE SINE)

Ogni giorno si calcolano i gradi di temperatura compresi tra la soglia termica inferiore,  $T_L$ , e quella superiore,  $T_U$ , e si sommano a quelli dei giorni precedenti, verificando quando la somma totale dei gradi giorno,  $^{\circ}D_{tot}$ , raggiunge o supera un prefissato valore soglia,  $^{\circ}D_m$ , alla quale si verifica la fase fenologica in esame. Tra il ciclo giornaliero della temperatura e le soglie inferiore e superiore di temperatura possono esistere sei possibili combinazioni, ciascuna delle quali richiede una differente equazione per il calcolo dei gradi giorno. Il ciclo di temperatura può essere:

1. Sopra ad entrambe le soglie  $T_{min} > T_U$

$$^{\circ}D = T_U - T_L$$

(1a)

2. Sotto ad entrambe le soglie  $T_{max} < T_L$

$$^{\circ}D = 0$$

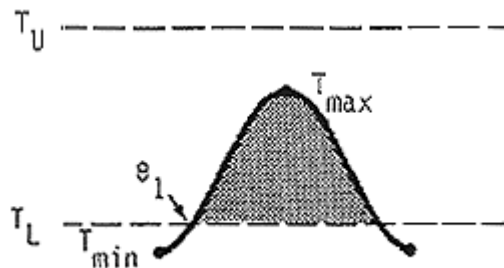
(2a)

3. Compreso tra le due soglie  $T_L \leq T \leq T_U$

$$^{\circ}D = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_L$$

(3a)

4. Intercettato dalla soglia inferiore



$$^{\circ}D = \frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_L \right) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_1 \right) + \alpha \cos(\theta_1) \right]$$

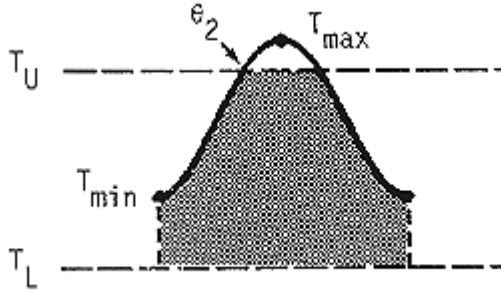
(4°)

con

$$\alpha = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left[ \left( T_L - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]$$

5. Intercettato dalla soglia superiore



$$^{\circ}D = \frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_L \right) \left( \theta_2 + \frac{\pi}{2} \right) + (T_U - T_L) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) - [\alpha \cos(\theta_2)] \right]$$

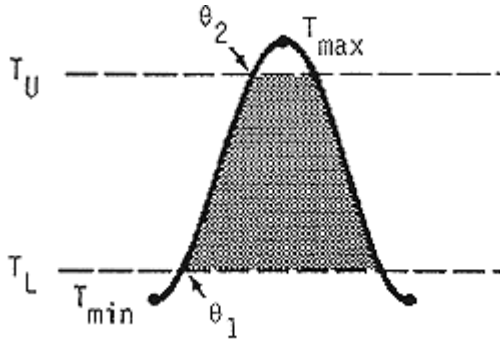
(5a)

con

$$\alpha = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left[ \left( T_U - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]$$

6. Intercettato da entrambe le soglie



$$^{\circ}D = \frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_L \right) (\theta_2 - \theta_1) + \alpha [\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2)] + (T_U - T_L) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) \right]$$

(6a)

con

$$\alpha = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left[ \left( T_L - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left[ \left( T_U - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]$$

Dove

$^{\circ}D_{\text{tot}}$  - sommatoria termica espressa in gradi giorno

$T_L$  - soglia termica inferiore relativa alla fase fenologica in esame, variabile da specie a specie

$T_U$  - soglia termica superiore relativa alla fase fenologica in esame, variabile da specie a specie

### ***Input***

Il metodo richiede i seguenti dati :

*Da database*

- ❖  $T_{\max}$  - temperatura massima giornaliera dell'aria
- ❖  $T_{\min}$  - temperatura minima giornaliera dell'aria

*Input utente o da programma principale*

- $T_L$  - soglia termica inferiore
- $T_U$  - soglia termica superiore
- $^{\circ}D_m$  - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in

esame

- $N1$  - data d'inizio della simulazione
- $N2$  - data di fine della simulazione (fino a data di interrogazione + 6 gg)

Se la data di fine simulazione è posteriore alla data di interrogazione per i giorni successivi alla data di interrogazione si attinge alla banca dati delle temperature previsionali (Vedi SUBROUTINE 2). I valori di temperatura del giorno di interrogazione saranno per forza parziali, ma per il calcolo dei gradi giorno si utilizzano  $T_{max}$  e  $T_{min}$  presenti al momento. La spazializzazione dei dati invece viene eseguita con la subroutine 2

***Output***

Gli output dei modelli sono la data  $t_F$  in cui si verifica il superamento del limite impostato di somma termica  $D_m$  e l'accumulo dei gradi giorno  $D_{totN}$  dalla data di inizio alla data di fine simulazione.

#### **Metodo 4: SINGOLO SENO con Cut Off (SINGLE SINE / CUT OFF)**

In alcuni casi si verifica che le alte temperature hanno un effetto inibente sulla fenologia del fitofago (o su quella della coltura). Per tenere conto di questo effetto *Logan S., Boyland P. (1983)* propongono il metodo esposto di seguito.

Alla base della presente subroutine sta il calcolo dei gradi giorno eseguito con il metodo del singolo seno precedentemente esposto. A tale valore giornaliero, va tolta la quantità determinata dalla formula seguente, che ha lo scopo di tener conto dell'effetto inibente delle alte temperature sulla crescita di determinati fitofagi o colture.

1) Se  $T_{max} \leq T_{lim}$ :

*Il calcolo dei gradi giorno viene eseguito con la subroutine del singolo seno*

*Gradi Giorno = Gradi Giorno (single sine)*

2) Se  $T_{max} \geq T_{lim}$ :

*Occorre tener conto dell'effetto inibente della temperatura secondo la seguente relazione.*

*Gradi Giorno = Gradi Giorno (single sine) -*

$$- y (-\cos f + \cos e - f\beta' + e\beta') / 2\pi$$

$T_L$  = temperatura soglia minima

$T_U$  = temperatura soglia massima

$T_{lim}$  = temperatura limite

*Altre variabili intermedie utilizzate:*

$$\mu = (T_{max} + T_{min})/2$$

$$y = (T_{max} - T_{min})/2$$

$$\beta' = (T_l - \mu)/(T_{max} - \mu)$$

$$e = \arcsin \beta'$$

$$f = \pi - \arcsin \beta'$$

CONDIZIONE: Se  $\beta'$  risulta maggiore di 1, lo si pone uguale a 1. Tale condizione non si dovrebbe mai verificare grazie alla condizione iniziale imposta sulle temperature.

3) Calcolo della somma termica:

Per ogni giorno occorre sottrarre una certa quantità F in modo da tener conto dell'azione inibente della temperatura

$$^{\circ}\text{Dtot}_N = ^{\circ}\text{Dtot}_N (\text{singolo seno}) - F$$

**a) Se  $T_{max} \leq T_{lim}$ :**

$$F = 0$$

**b) Se  $T_{max} \geq T_{lim}$ :**

$$F = y (-\cos f + \cos e - f\beta' + e\beta') / 2\pi$$

$$\mu = (T_{max} + T_{min})/2$$

$$y = (T_{max} - T_{min})/2$$

$$\beta' = (T_l - \mu)/(T_{max} - \mu)$$

$$e = \arcsin \beta'$$

$$f = \pi - \arcsin \beta'$$

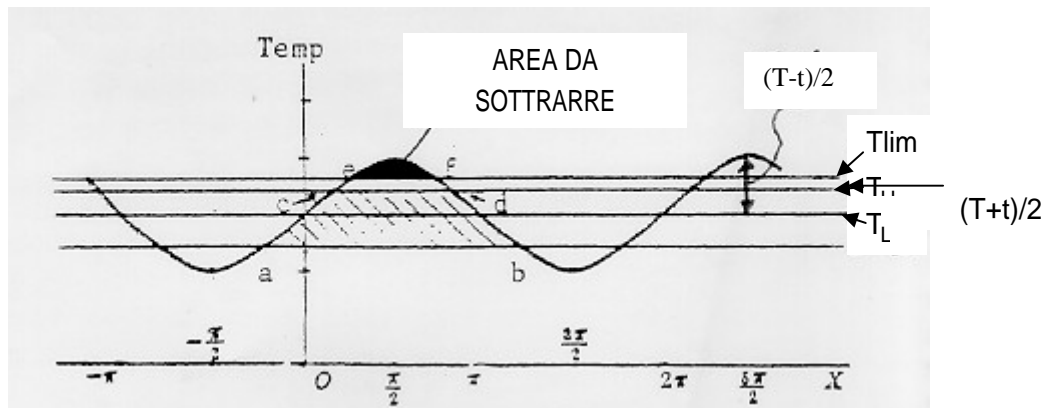
**Input (in aggiunta a quelli del modello 3 single sine)**

➤  $T_{lim}$  = temperatura limite

**Output**

Gli output dei modelli sono la data  $t_F$  in cui si verifica il superamento del limite impostato di somma termica  $D_m$  e l'accumulo dei gradi giorno  $D_{totN}$  dalla data di inizio alla data di fine simulazione.

AREA DA SOTTRARRE AL DI SOPRA DELLA TEMPERATURA LIMITE:



**Fig. 1:** *Esemplificazione del funzionamento del modello per il calcolo dei gradi giorno.*

Il grafico di figura 1, mostra come alla quantità calcolata con il modello del singolo seno (area tratteggiata), vada sottratta per temperature superiori a  $T_L$ , l'area segnata in nero. Tale funzione si rende necessaria per tutte le colture che subiscono un effetto inibente dalle alte temperature.

### Metodo 5: DOPPIO SENO (DOUBLE SINE)

Ogni giorno si calcolano i gradi di temperatura compresi tra la soglia termica inferiore,  $T_L$ , e quella superiore,  $T_U$ , e si sommano a quelli dei giorni precedenti, verificando quando la somma dei gradi giorno,  $^{\circ}D_{tot}$ , raggiunge o supera un prefissato valore soglia,  $^{\circ}D_m$ , alla quale si verifica la fase fenologica in esame. Tra il ciclo giornaliero della temperatura e le soglie inferiore e superiore di temperatura possono esistere sei possibili combinazioni, ciascuna delle quali richiede una differente equazione per il calcolo dei gradi giorno.

Rispetto al metodo del singolo seno, questo metodo considera il giorno diviso in due parti [**D1**≡(**Tmin1-Tmax1**); **D2**≡(**Tmax1-Tmin2**)]. Nella prima metà del giorno, D1, le formule fanno riferimento alla temperatura minima del giorno stesso, **Tmin**=**Tmin1**, mentre nella seconda metà del giorno, D2, le formule fanno riferimento alla temperatura minima del giorno successivo, **Tmin**=**Tmin2**. Per avere i gradi giorni relativo ad un giorno dovremo sommare i contributi delle due metà ( $^{\circ}D = ^{\circ}D1 + ^{\circ}D2$ ). Considerando la prima metà del giorno (**Tmin**=**Tmin1**,  $^{\circ}D = ^{\circ}D1$ ), possiamo avere i seguenti casi :

1. Sopra ad entrambe le soglie  $T_{min} > T_U$  (1b)

$$^{\circ}D = (T_U - T_L)/2$$

2. Sotto ad entrambe le soglie  $T_{max} < T_L$  (2b)

$$^{\circ}D = 0$$

3. Compreso tra le due soglie  $T_L \leq T \leq T_U$  (3b)

$$^{\circ}D = \frac{1}{2} \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_L \right)$$

4. Intercettato dalla soglia inferiore (4b)

$$^{\circ}D = \frac{1}{2\pi} \left[ \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_L \right) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_1 \right) + \alpha \cos(\theta_1) \right]$$

con



$$\alpha = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left[ \left( T_L - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]$$

5. Intercettato dalla soglia superiore (5b)

$$^{\circ}D = \frac{1}{2\pi} \left[ \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_L \right) \left( \theta_2 + \frac{\pi}{2} \right) + (T_U - T_L) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) - [\alpha \cos(\theta_2)] \right]$$

con

$$\alpha = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left[ \left( T_U - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]$$

6. Intercettato da entrambe le soglie (6b)

$$^{\circ}D = \frac{1}{2\pi} \left[ \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_L \right) (\theta_2 - \theta_1) + \alpha [\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2)] + (T_U - T_L) \left( \frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) \right]$$

con

$$\alpha = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left[ \left( T_L - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left[ \left( T_U - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]$$

Nella seconda metà del giorno ( $^{\circ}D = ^{\circ}D2$ ), le formule da applicare sono le stesse, ma si considera la temperatura minima del giorno successivo ( $T_{\min} = T_{\min 2}$ ).

$^{\circ}D$  - sommatoria termica espressa in gradi giorno

$^{\circ}D1$  - sommatoria termica della prima metà del giorno, espressa in gradi giorno

$^{\circ}D2$  - sommatoria termica della seconda metà del giorno, espressa in gradi giorno

$^{\circ}Dm$  - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in esame

$T_L$  - soglia termica inferiore relativa alla fase fenologica in esame, variabile da specie a specie

$T_U$  - soglia termica superiore relativa alla fase fenologica in esame, variabile da specie a specie

### ***Input***

Il metodo richiede i seguenti dati :

#### *Da database*

❖  $T_{max}$  - temperatura massima giornaliera dell'aria

❖  $T_{min}$  - temperatura minima giornaliera dell'aria

#### *Input utente o da programma principale*

➤  $T_L$  - soglia termica inferiore

➤  $T_U$  - soglia termica superiore

➤  $^{\circ}Dm$  - valore della sommatoria termica alla quale si verifica la fase fenologica in esame

➤  $N1$  - data d'inizio della simulazione

➤  $N2$  - data di fine della simulazione (fino a data di interrogazione + 6 gg)

Se la data di fine simulazione è posteriore alla data di interrogazione per i giorni successivi alla data di interrogazione si attinge alla banca dati delle temperature previsionali (Vedi SUBROUTINE 2). I valori di temperatura del giorno di interrogazione saranno per forza parziali, ma per il calcolo dei gradi giorno si utilizzano  $T_{max}$  e  $T_{min}$  presenti al momento. In questo caso si può fare riferimento alle prime dodici ore del giorno di interrogazione e fermarsi al calcolo di  $^{\circ}D1$ . La spazializzazione dei dati viene eseguita con la subroutine 2

### ***Output***

Gli output dei modelli sono la data  $t_F$  in cui si verifica il superamento del limite impostato di somma termica  $D_m$  e l'accumulo dei gradi giorno  $D_{totN}$  dalla data di inizio alla data di fine simulazione.

## SUBROUTINE 2: DEFINIZIONE DELLE TEMPERATURE DA UTILIZZARE

La presente subroutine ha lo scopo di leggere, selezionare ed elaborare i dati di temperatura che servono ai modelli principali. Nel selezionare i dati tiene conto della distanza dal punto di simulazione dei valori di temperatura misurati o previsti e dell'affidabilità del dato previsionale. La fase di selezione del punto per l'operatore avviene selezionando fra le partizioni in zone della mappa a cui corrisponde un preciso valore di coordinate. Di seguito si dà una sintetica esposizione della tecnica di spazializzazione utilizzata a cui segue l'algoritmo.

### INVERSE DISTANCE INTERPOLATION (IDW)

E' uno dei metodi più semplici e maggiormente utilizzato nei sistemi GIS, e si basa sull'ipotesi che i valori degli attributi in corrispondenza dei punti non noti possono essere approssimati come medie pesate dei valori che si trovano all'interno di una certa distanza di cut-off oppure che appartengono ad un insieme di n punti vicini. I pesi sono usualmente inversamente proporzionali alla potenza della distanza:

$$\hat{Z}_0 = \frac{\sum_i^n z_i \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_i^n d_{i0}^{-r}}$$

n= numero di punti con valori noti che si considerano per la stima

r= fattore di potenza (r=1,2,3..)

d<sub>i0</sub>= distanza tra il punto 0 da interpolare e i punti con valori noti

Per le applicazioni in campo agrometeorologico nella valutazione della temperatura in una zona, note le temperature rilevate in zone limitrofe si consiglia (viste le esperienze maturate in altre regioni) di utilizzare:

$n$  calcolato tenendo conto delle stazioni che si trovano in un raggio di 50 km dal punto di interesse.

$$r = 2$$

Inoltre quando l'utente richiede la stima delle temperature per un punto in corrispondenza di una stazione  $i$  ( $d_{i0} = 0$ ) occorre utilizzare direttamente la temperatura della stazione stessa ( $T_0 = T_i$ )

## DATI DI TEMPERATURA

I dati di temperatura utilizzati sono i seguenti:

Metodo	Area territoriale (km x km)	Aggiornamento dati	Previsione fino a:
Dati rilevati dalle stazioni	Variabile	subordinata a validazione	NO
Previsioni sulle stazioni ARGO	Variabile	Variabile	Variabile
PULAM	10x10	Ogni 3 h	72 h
DALAM	30x30	Ogni giorno	72 h
ECMWF	100x100	Ogni giorno	144 h

Il presente algoritmo ha lo scopo di definire le temperature  $T_{minN}$  e  $T_{maxN}$  da utilizzare con  $N$  da  $N1$  a  $N2$ , che rappresentano l'input ai diversi programmi.

### **Algoritmo:**

La definizione delle temperature  $T_{minN}$  e  $T_{maxN}$  da utilizzare con  $N$  da  $N1$  a  $N2$  rispetta le seguenti regole:

1. Per  **$N$  da  $N1$  a  $DI-1$**  (se  $N2 < DI$ ,  $N$  va da  $N1$  a  $N2$  e cioè non si utilizzano temperature previsionali):

1.1 Se viene selezionata l'area di una stazione  $i$ -esima porre  $T_{\max N} = T_{\max N}(i)$  e  $T_{\min N} = T_{\min N}(i)$  per tutti gli  $N$  da  $N1$  a  $DI-1$ . Vai al punto 2

1.2 Poni  $R = 50$  km

1.3 Ricerca le temperature  $T_{\max}$  e  $T_{\min}$  rilevate e validate delle stazioni e per le quali  $d_{i0} \leq R$ . Spazializza dato (eq. 1)

1.4 Se non sono disponibili misure nel raggio di 50 km porre  $R = 100$  km e tornare al punto 1.3. Messaggio: alla data "N" non ci sono dati di temperatura nel raggio di 50 Km.

1.5 Se non sono disponibili misure nel raggio di 100 km porre  $R = 200$  km e tornare al punto 1.3. Messaggio: alla data "N" non ci sono dati di temperatura nel raggio di 100 Km.

1.6 Se  $N2 < DI$  STOP

**2.** Per  $N = DI$  si esegue una scelta fra i dati disponibili dando le seguenti priorità:

2.1 Se è presente almeno un dato misurato e validato entro le ore 16 con  $d_{i0} < 50$  km si utilizzano i dati rilevati nelle stazioni. Spazializza dato (eq. 1). Vai al punto 3.

2.2 Se presente, si preleva il dato con aggiornamento più recente con  $d_{i0} < 10$  km fra le seguenti previsioni alternative e in ordine di priorità: ARGO, PULAM, DALAM. Spazializza dato (eq. 1). Vai al punto 3.

2.3 Se presente, si preleva il dato con aggiornamento più recente con  $d_{i0} < 50$  km fra le seguenti previsioni alternative e in ordine di priorità: PULAM, DALAM. Spazializza dato (eq. 1). Vai al punto 3.

2.4 Se presente, si preleva il dato con aggiornamento più recente con  $d_{i0} < 100$  km fra le seguenti previsioni alternative e in ordine di priorità: PULAM, DALAM, ECMWF. Spazializza dato (eq. 1). Vai al punto 3.

2.5 Se presente, si preleva il dato con aggiornamento più recente con  $d_{i0} < 200$  km fra le seguenti previsioni alternative e in ordine di priorità: PULAM, DALAM, ECMWF. Spazializza dato (eq. 1).

**3. Per N da DI+1 a DI +6** si esegue una scelta fra i dati disponibili dando le seguenti priorità:

3.1 Se presente, si preleva il dato più recente con  $d_{i0} < 10$  km fra le seguenti previsioni alternative e in ordine di priorità: ARGO, PULAM, DALAM. Spazializza dato (eq. 1). Vai al punto 3 (giorno successivo).

3.2 Se presente, si preleva il dato più recente con  $d_{i0} < 50$  km fra le seguenti previsioni alternative e in ordine di priorità: PULAM, DALAM. Spazializza dato (eq. 1). Vai al punto 3 (giorno successivo).

3.3 Se presente, si preleva il dato più recente con  $d_{i0} < 100$  km fra le seguenti previsioni alternative e in ordine di priorità: PULAM, DALAM, ECMWF. Spazializza dato (eq. 1). Vai al punto 3 (giorno successivo).

3.4 Se presente, si preleva il dato più recente con  $d_{i0} < 200$  km fra le seguenti previsioni alternative e in ordine di priorità: PULAM, DALAM, ECMWF. Spazializza dato (eq. 1). Vai al punto 3 (giorno successivo).

3.5 Se nessuna condizione è soddisfatta la simulazione si ferma al giorno in cui sono disponibili dati previsionali. STOP

Spazializzazione dei dati (la formula espressa per Tmax è identica anche per Tmin)

$$T \max_N = \frac{\sum_i^n T \max_N(i) \cdot d_{i0}^{-2}}{\sum_i^n d_{i0}^{-2}} \quad (\text{eq.1})$$

#### ***DATI MANCANTI:***

Il problema dei dati mancanti, inteso come giorni nel periodo considerato in cui non è stato possibile reperire temperature viene risolto secondo la seguente logica. Se manca un dato di

temperatura, viene sostituito con il valore del giorno precedente. Se il dato mancante è nel primo o nei primi giorni del periodo, si accorcia il periodo fino a trovare il primo dato disponibile. Se si ha una sequenza di cinque o più dati mancanti, la simulazione viene annullata.

Variabili utilizzate

- *Distanza  $d_{i0}$  fra punto selezionato dall'operatore e stazione o punto di*

*simulazione  $i$*

$$d_{i0} = \sqrt{[(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2]}$$

### **Input**

- Coordinate di latitudine e longitudine delle stazioni e dei punti di previsione ( $x_i$ ,  $y_i$ ) (in km)
- Coordinate di latitudine e longitudine punto selezionato ( $x_0, y_0$ ) (in km)
- Valori di temperatura misurate e previsionali  $T_i$
- Data di interrogazione DI
- Data inizio simulazione N1
- Data fine simulazione N2
- Data aggiornamento previsioni

### **Output**

- Input programmi principali: Temperature  $T_{\max N}$  e  $T_{\min N}$



## IX. IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI PREVISIONALI

Una volta individuate le maggiori avversità parassitarie da monitorare e gli specifici strumenti modellistici ritenuti maggiormente affidabili nel contesto pugliese; una volta identificate le priorità in termini di prodotti fitosanitari da gestire secondo metodi più razionali, si è proceduto con il potenziamento e, in taluni casi, con l'implementazione di un sistema hardware e software per l'acquisizione, lo scarico e l'elaborazione dei dati rilevati presso le aziende agricole sui sistemi server del COR (Centro operativo Regionale dell'Associazione dei Consorzi di difesa della Puglia) e dei COP (Centro operativo Provinciale).

In questo modo è stato potenziato il portale Agrometeorologico della Regione Puglia, dotato, tra gli altri servizi, di facili maschere di interrogazione per la difesa delle colture agrarie.

Ai fini della validazione in campo dei modelli previsionali sono stati individuati tre campi pilota per ciascuna avversità in modo da considerare le possibili variabili ambientali in grado di incidere sul comportamento del fitofago e quindi sul risultato fornito dal modello.

Ripartizione dei campi di osservazione per Consorzio e per fitofago		
CONSORZIO	FITOFAGO	Campi Pilota
BARI	Mosca dell'olivo	3
	Tignola dell'olivo	3
	Frankliniella della vite	3
	Mosca del ciliegio	6
	TOTALE N° CAMPI PILOTA	15

<b>Ripartizione dei campi di osservazione per Consorzio e per fitofago</b>		
<b>CONSORZIO</b>	<b>FITOFAGO</b>	<b>Campi Pilota</b>
<b>BRINDISI</b>	Mosca dell'olivo	3
	Tignola dell'olivo	3
	Frankliniella della vite	3
	Afidi del pomodoro	6
	<b>TOTALE N° CAMPI PILOTA</b>	<b>15</b>
<b>FOGGIA</b>	Mosca dell'olivo	3
	Tignola dell'olivo	3
	Frankliniella della vite	3
	Afidi del pomodoro	6
	<b>TOTALE N° CAMPI PILOTA</b>	<b>15</b>
<b>LECCE</b>	Mosca dell'olivo	6
	Tignola dell'olivo	3
	Cocciniglia rossa forte degli agrumi	3
	Afidi del pomodoro	3
	<b>TOTALE N° CAMPI PILOTA</b>	<b>15</b>
<b>TARANTO</b>	Mosca dell'olivo	3
	Tignola dell'olivo	3
	Frankliniella della vite	3
	Cocciniglia rossa forte degli agrumi	6
	<b>TOTALE N° CAMPI PILOTA</b>	<b>15</b>

<b>TOTALE N° CAMPI PER FITOFAGO</b>	
Mosca dell'olivo	<b>18</b>
Tignola dell'olivo	<b>15</b>
Cocciniglia rossa forte degli agrumi	<b>9</b>
Frankliniella della vite	<b>12</b>
Mosca del ciliegio	<b>6</b>
Afidi del pomodoro	<b>15</b>
<b>TOTALE N° CAMPI PILOTA</b>	<b>75</b>

La scelta e la predisposizione dei campi pilota è stata effettuata dai Consorzi di Difesa Provinciali con la collaborazione dell'Osservatorio per le Malattie delle Piante della Puglia con il supporto tecnico dei Servizi di Sviluppo Agricolo della Regione.

L'attività di rilievo in campo è stata effettuata dei tecnici dei COP con il supporto tecnico dell'Osservatorio per le Malattie delle Piante. I punti di prelievo dei campioni sono stati georeferenziati al fine di consentire l'imputazione dei dati relativi nel Sistema Informativo Territoriale per l'Agricoltura e nel SIPA.

La scelta dei campi è stata operata considerando la vicinanza ad almeno una stazione agrometeorologica, la rappresentatività del campo, l'elevata presenza del fitofago negli anni precedenti, nonché le cultivar più rappresentative e suscettibili dell'area in esame. I campi pilota hanno una superficie minima di 1.00 Ha.

L'ubicazione dei campi è stata georeferenziata al fine di consentire l'imputazione dei dati relativi al Sistema Informativo Territoriale per l'Agricoltura e nel SIPA.

Per ogni avversità sono state individuate le province ed i relativi campi di osservazione; in particolare:

- i modelli previsionali di mosca dell'olivo e tignola dell'olivo sono stati verificati in tutte le cinque province pugliesi;

- la cocciniglia rossa forte degli agrumi in provincia di Taranto e Lecce;
- la frankliniella della vite nelle province di Bari Taranto, Foggia e Brindisi;
- la mosca del ciliegio in provincia di Bari suddividendo l'ubicazione dei campi in due distinte aree omogenee: a nord e a sud del territorio provinciale;

- gli afidi del pomodoro in provincia di Foggia, Brindisi e Lecce.

I rilievi di campo sono stati effettuati da parte dei tecnici dei Consorzi di Difesa che hanno utilizzato le schede di rilevamento di campo, predisposte secondo un protocollo di rilevamento realizzato ad hoc per ogni avversità, recante informazioni circa la presenza della popolazione infestante ed i trattamenti antiparassitari eseguiti, con chiara indicazione della data di esecuzione, nonché del tipo e delle quantità di prodotti adoperati. Il campionamento della popolazione patogena è stato eseguito con frequenza settimanale a partire dal periodo sensibile per la coltura oggetto del monitoraggio e con la stessa frequenza si è proceduto con le esecuzioni dei modelli previsionali. Sulla base delle segnalazioni d'allarme fornite dal software di simulazione sono stati programmati interventi con prodotti chimici specifici per le avversità previste e successivamente sono stati verificati gli esiti prodotti da questi ultimi, anche tenendo conto di testimoni trattati secondo tecniche di difesa tradizionale.

Per l'attività di monitoraggio dei diversi fitofagi sono stati acquistati vari modelli di trappole attrattive: cromotopiche ed a feromoni, attrezzature di laboratorio per l'esame dei campioni e segnaletica per l'indicazione dei campi pilota (Casu A.P. et al 1999).

I necessari esami di campioni particolari prelevati in campo sono stati esaminati dall'Osservatorio per le Malattie delle Piante e dall'Università di Bari.

Timing dell'attività di rilevamento per ogni singolo modello				
1. Mosca dell'olivo ( <i>Bactrocera oleae</i> )				
N° campi pilota	Periodo di monitoraggio	N° Trappole cromotropiche di colore giallo/Ha		
18	01/07 – 30/11	4		
2. Tignola dell'olivo ( <i>Prays oleae</i> )				
N° campi pilota	Periodo di monitoraggio	N° Trappole al feromone/Ha		
15	01/03 – 31/07	3		
3. Cocciniglia rossa forte degli agrumi ( <i>Aonidiella aurantii</i> )				
N° campi pilota	Periodo di monitoraggio	N° Trappole al feromone/Ha		
9	01/03 – 31/12	3		
4. Frankliniella della vite ( <i>Frankliniella occidentalis</i> )				
N° campi pilota	Periodo di monitoraggio	N° Trappole cromotropiche/Ha	Raccolta campioni a mezzo di “Imbuto tipo Berlese”*	*La conta e il riconoscimento avverrà anche con il supporto tecnico dell'O.M.P. di Ba e/o l'UNIBA
12	01/04 – 30/06	3		
5. Mosca del ciliegio ( <i>Rhagoletis cerasi</i> )				
N° campi pilota	Periodo di monitoraggio	N° Trappole cromotropiche di colore giallo/Ha		
6	01/03 – 30/06	3		
6. Afidi del pomodoro ( <i>Myzus persicae</i> )				
N° campi pilota	Periodo di monitoraggio	N° Trappole per il monitoraggio*/Ha	*La conta e il riconoscimento avverrà anche con il supporto tecnico dell'O.M.P. di Ba e/o l'UNIBA	
15	01/03 – 30/06	3		

## X. ATTIVITA' DI CALIBRAZIONE

La totalità dei modelli prescelti prevede il ricorso alla sommatoria termica che, attraverso l'impiego dei gradi giorno, sulla base della relazione esistente tra la biologia dei fitofagi e le specifiche esigenze di questi ultimi in termini di calore – energia per raggiungere la condizione fisiologica di estrema nocività per la pianta parassitata, fornisce una previsione della comparsa dell'avversità.

Appare evidente che la biologia di un organismo vivente è influenzata da numerose variabili, pertanto può accadere che la sommatoria termica percepita come sensibile per una certa specie, in un dato ambiente geografico, sia estremamente diversa dalla sommatoria termica necessaria alla stessa specie per raggiungere una determinata condizione fisiologica in un ambiente geografico differente dal primo.

Sulla base di quanto esposto, per verificare la bontà degli strumenti adoperati, è stato necessario procedere con un'attività di calibrazione dei modelli, frutto di un intenso lavoro statistico.

Per quanto concerne il modello previsionale per la **Mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*)**, non è stata necessaria alcuna rettifica ai parametri adottati, dal momento che si è sempre verificata una perfetta corrispondenza tra il dato atteso e quello simulato; pertanto sulla base dei dati raccolti in quasi tre anni di simulazioni, è stato possibile accettare integralmente il modello messo a punto dal Prof. Pucci.

In merito al modello previsionale per la **Tignola dell'olivo (*Prays oleae*)**, come già anticipato, lo strumento modellistico fornisce la previsione del volo della generazione antofaga sulla base dell'accumulo termico calcolato a partire dal primo di gennaio, utilizzando il metodo singolo seno.

Dall'analisi svolta sui dati provenienti da 3 anni di attività di monitoraggio nelle province pugliesi e da un'analisi statistica eseguita sugli output forniti dal modello di simulazione in

corrispondenza delle attività di campionamento, è apparso più opportuno modificare le sommatorie termiche come di seguito riportato:

**Tab. a:** dati fenologia Tignola dell'olivo (in ambiente pugliese)

Fase fenologica	Somma termica
1° gennaio – inizio volo gen. Antofaga	586 °G
1° gennaio – picco volo gen. Antofaga	757 °G
1° gennaio – fine volo gen. Antofaga	1022°G

Per quanto concerne il modello previsionale per la **Mosca del ciliegio** (*Rhagoletis cerasi*), anche in questo caso, come per la **Bactrocera Oleae**, non sono state necessarie variazioni rispetto ai parametri suggeriti dai modelli importati, dal momento che le simulazioni condotte con frequenza settimanale hanno sempre fornito dati aderenti alla situazione riscontrata in campo.

Per la **Frankliniella della vite** (*Frankliniella Ocidentalis*), viceversa, è stata necessario operare una modifica nei valori importati.

Secondo l' impostazione suggerita dai matematici che avevano sperimentato il modello in diversi areali mediterranei, era stato individuato nel valore di 400 gradi/giorno la soglia termica sensibile, ma in seguito all'analisi svolta sui dati provenienti da 3 anni di monitoraggio nelle province pugliesi e ad un'analisi statistica eseguita sugli output forniti dal modello di simulazione, è apparso più opportuno modificare le sommatorie termiche come di seguito riportato (tab. b):

**Tab. b:** dati fenologia Frankliniella

Fase fenologica	Somma termica
1° gennaio – prima comparsa adulti	350 = Dm1

Per gli **Afidi del pomodoro** (*Myzus persicae*), non sono state necessarie variazioni relativamente ai parametri biologici suggeriti dalle sperimentazioni condotte nelle altre regioni da cui è stato poi importato il modello adoperato presso la Regione Puglia.

Infine, in merito alla **Cocciniglia Rosso Forte** (*Aonidiella aurantii*), cominciamo col ricordare che il fitofago compie quattro voli: il primo fra marzo e maggio (generazione svernante), il secondo tra giugno e luglio (prima generazione), il terzo in agosto (seconda generazione) e il quarto fra settembre e dicembre (terza generazione).

Si tenga presente che, durante la sperimentazione condotta, la dinamica dei voli ha portato alle seguenti conclusioni, peraltro già note presso gli studiosi del settore:

- 1) in taluni casi i picchi possono essere molto ravvicinati;
- 2) si possono verificare picchi sovrapposti;
- 3) talvolta possono mancare alcuni voli.

Accanto alle osservazioni precedenti, dall'analisi dei dati provenienti dal monitoraggio è emersa la necessità di calibrare nuovamente i parametri suggeriti per la previsione, soprattutto in merito al primo volo, la cui previsione fornita dallo strumento modellistico anticipa di ben quattro settimane, talvolta 5, la situazione che va a verificarsi in campo. Per meglio comprendere lo stato dei fatti, si riporta di seguito la situazione verificata nelle aree sottoposte a sperimentazione.

Come già accennato, il primo volo, previsto al raggiungimento della soglia di 190<sup>0</sup> GG, viene anticipato di circa un mese. Dalla media pesata delle temperature registrate in corrispondenza delle catture più consistenti (verificatesi nella seconda metà del mese di giugno) è apparso più opportuno modificare la sommatoria termica sensibile, **portandola a 500<sup>0</sup> GG**.

Poiché, peraltro, le presenze del fitofago sono tutte concentrate nel periodo che va dalla fine di giugno sino alla prima settimana di agosto, non consentendo la netta distinzione tra primo e secondo volo, è sembrato più opportuno mantenere sempre alta la soglia d'attenzione, pur lasciando invariati i parametri finora utilizzati per la previsione del secondo volo (1014<sup>0</sup> GG). Per



quel che concerne il terzo ed il quarto volo, rispettivamente verificati nella prima settimana di settembre e nella seconda metà di novembre, è stato possibile accertare che l'ultimo è pressoché inesistente ed il terzo, invece, registra solo poche catture. Alla luce di quanto emerso, si è pensato di concentrarsi sulle prime due previsioni, da effettuare con le nuove soglie proposte, e di concentrare i trattamenti proprio in questo periodo.

Sulla scia di quanto finora detto circa il modello previsionale per la cocciniglia rossa forte degli agrumi, sono stati suggeriti nuovi parametri, opportunamente modificati, per la previsione della comparsa del fitofago.

**Tab. c: dati fenologia Cocciniglia (calibrati su ambiente pugliese)**

Insetto	Fase fenologica	Soglia di somma termica
Cocciniglia rosso forte degli agrumi ( <i>Aonidiella aurantii</i> )	1° gennaio – 1° volo	518 = Dm1
	1° gennaio – 2° volo	1014 = Dm2
	1° gennaio – 3° volo	1506 = Dm3
	1° gennaio – 4° volo	1999 = Dm4

Una volta implementati e calibrati i modelli di simulazione, si è passati alla fase di verifica vera e propria, la sperimentazione degli strumenti modellistici al fine di conseguire un reale miglioramento nelle tecniche di difesa fitosanitaria; una razionalizzazione nell'impiego di prodotti chimici di sintesi, allo scopo di ridurre l'inevitabile danno prodotto da un abuso di fitofarmaci sul suolo e sulla falda sottostante.

Ribadiamo, in questa fase conclusiva, che sebbene durante le attività di ricerca siano stati ampiamente indagati i modelli previsionali per la difesa delle colture agrarie, essi hanno rappresentato solamente lo strumento del nostro studio, la cui finalità è stata quella di ricercare mezzi innovativi per la pianificazione delle strategie di difesa dell'ambiente.

Dopo questa doverosa precisazione, passiamo all'analisi dei risultati che si sono prodotti nei tre anni.

Nelle pagine che seguono è stato riportato, per brevità, un solo caso per ciascuno dei modelli sperimentati, il più rappresentativo; ossia verranno citati ad esempio i dati relativi al campo sperimentale in cui nei tre anni si sono registrate le più alte presenze del fitofago.

#### **XI. a) *Bactrocera Oleae***

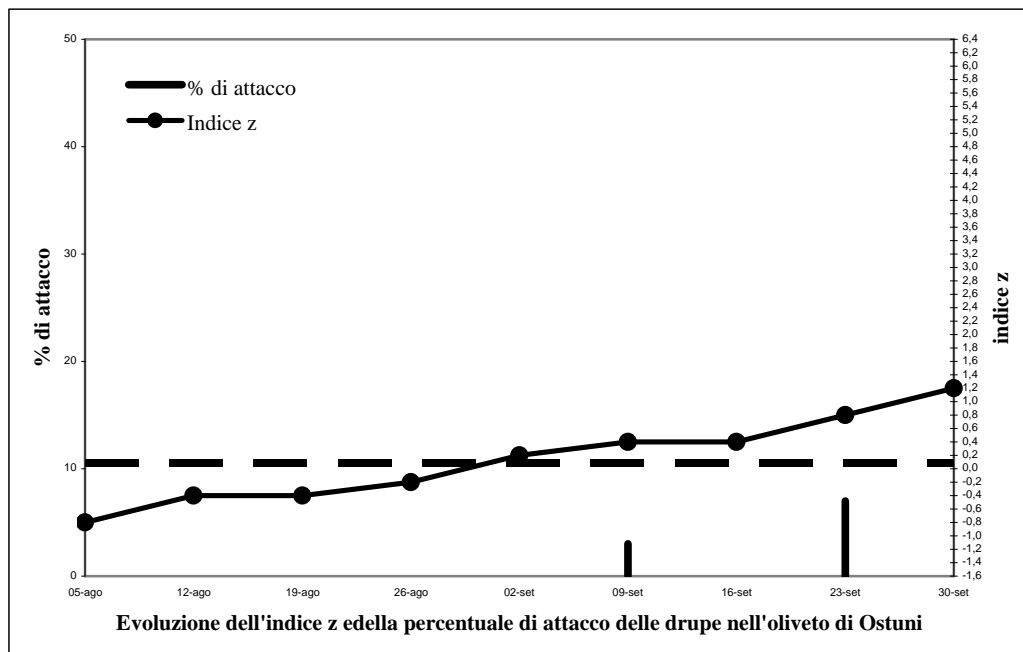
Si precisa che tutti gli oliveti indagati sono irrigui, destinati alla produzione di olive da olio. Nello specifico, di seguito vengono riportati i dati relativi al campo sperimentale ubicato nel Comune di Ostuni, con un'estensione di 3,20 ha ed una distanza di 6 km dalla stazione agrometeorologica più vicina.

Per l'attività di monitoraggio sono state acquistate trappole cromotropiche di colore giallo, in numero di 4 per ettaro; sono stati adottati gli specifici protocolli di campionamento predisposti dalla facoltà di Agraria dell'Università di Bari ed i relativi dati sono stati inseriti sistematicamente nella banca dati.

Il campionamento della popolazione adulta della *B. oleae* è stato effettuato settimanalmente e con la stessa frequenza, i tecnici del Consorzio di Brindisi hanno provveduto ad un attento esame delle drupe delle piante che insistono nel campo pilota, al fine di accertarne il livello ed il tipo d'infestazione.

L'attività di monitoraggio, nel quadro complessivo, ha rispettato i tempi suggeriti dal protocollo. Le performance del modello sono state soddisfacenti, in alcuni casi eccellenti, fornendo un segnale d'allarme in corrispondenza delle prime catture, peraltro scarse. Sulla scorta delle indicazioni fornite dal modello, sono stati programmati gli interventi fitoiatrici, eseguiti nelle giornate immediatamente successive all'allarme prodotto dalla previsione e in tal modo è stato contenuto il livello d'infestazione attiva sulle drupe.

Nel grafico che segue, elaborato sulla base dei dati provenienti dall'azienda sperimentale ricadente nel comune di Ostuni, viene illustrato l'andamento delle catture, dell'indice  $z$ , dell'infestazione attiva ed il relativo rapporto esistente tra le variabili considerate.



A partire dalla terza settimana di giugno sono stati effettuati i primi conteggi delle femmine adulte e, contemporaneamente, si è proceduto con le esecuzioni del modello previsionale, al fine di riscontare risposdenze e/o difformità tra il dato rilevato e quello atteso.

Le prime catture di femmine si sono evidenziate a partire dalla seconda settimana di luglio in tutti i campi indagati, mantenendosi intorno all'unità fino al termine della prima settimana di agosto. Dalla seconda sino all'ultima settimana di agosto si sono registrati incrementi nelle catture, ma sono stati ritenuti privi di interesse; dato peraltro confermato dai risultati forniti dal modello. Infatti, nello stesso periodo sopra indicato, sono state eseguite le simulazioni del modello, che hanno prodotto un output pienamente rispondente alla situazione verificata in campo: l'indice Z si è sempre mantenuto al di sotto della soglia del 10% fino alla prima settimana di settembre, data in cui l'indice Z ha raggiunto la soglia d'attenzione. Nella prima settimana del mese di settembre il livello d'infestazione è stato stimato intorno al 2- 3 % e sebbene il modello avesse già segnalato il raggiungimento della soglia critica, i tecnici del Consorzio di Difesa di Brindisi hanno ritenuto opportuno attendere che il livello dell'infestazione attiva si portasse al 6-7% per dare inizio ai trattamenti adulticidi. L'evento si è verificato nell'ultima settimana di settembre, data in cui l'azienda monitorata è intervenuts con Dimetoato, contenendo notevolmente i danni alle drupe.

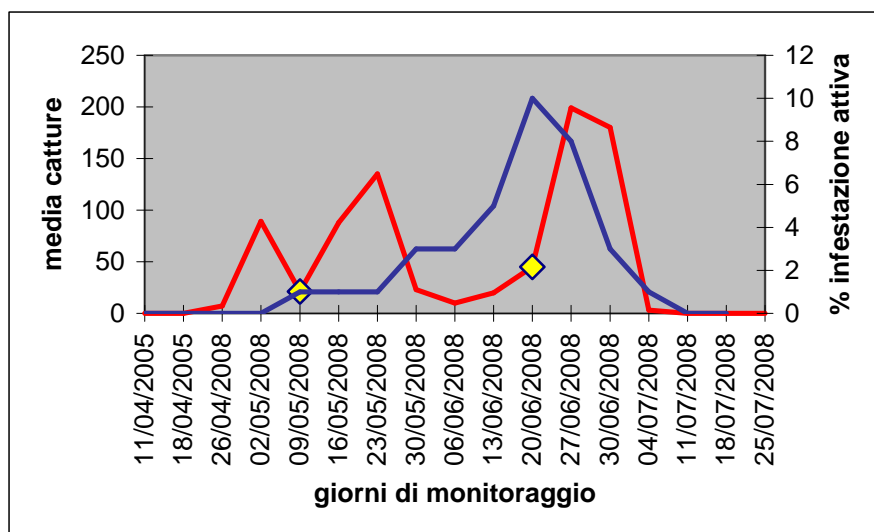
La scelta di attendere che il livello d'infestazione si portasse intorno al 6-7% è dettata da due motivazioni: innanzitutto si è avuta la possibilità di verificare l'efficienza del modello previsionale in una situazione di rischio crescente ed inoltre, motivo principale, sono stati ritardati e contenuti gli interventi sulla coltura con i prodotti fitosanitari.

L'approccio con il modello per la *B. oleae*, pertanto, ha dimostrato di poter essere impiegato con successo ai fini della pianificazione ambientale.

## XI. b) Prays dell'olivo

Nel grafico che segue, elaborato sulla base dei dati provenienti dall'azienda sperimentale Bagorda, localizzata nel comune di Fasano (BR), viene visualizzato l'andamento delle catture nelle diverse settimane di monitoraggio, il livello d'infestazione attiva, l'incremento delle presenze nelle trappole nelle settimane immediatamente successive alle segnalazioni fornite dal modello revisionale, nonché la contrazione subita, sempre in termini di presenze, in seguito all'esecuzione dei trattamenti (effettuati secondo le indicazioni di Pollini).

Evoluzione dell'infestazione sostenuta dalla Tignola dell'olivo (*Prays oleae*)



L'attività di monitoraggio, condotta sulla varietà *ogliarola* con 3 trappole a feromone/ha, è stata eseguita con frequenza settimanale dal mese di aprile sino al termine di luglio. Congiuntamente, attraverso il database delle temperature previsionali, sono state lanciate le simulazioni con richiesta della previsione per i 7 giorni successivi alla data d'interrogazione, così da prevedere con anticipo l'evento ed intensificare i controlli laddove necessario. In data 9 maggio, quando la coltura si presentava nella fase fenologica della mignolatura e le catture nelle trappole avevano raggiunto una media di 21 individui, il software segnalava l'inizio del volo della generazione antofaga; dato confermato dall'incremento di fitofagi riscontrato nelle

settimane successive. D'altra parte, il livello d'infestazione attiva era comunque fermo all'1%; da cui la decisione di non intervenire, supportata anche dalle indicazioni del modello, che consiglia di eseguire il trattamento a ridosso del picco di volo della generazione antofaga. L'evento è stato previsto dal modello in data 20 giugno, quando la coltura era in fase di pre – indurimento della drupa ed il livello d'infestazione attiva era pari al 10%. Seguendo le indicazioni di Pollini (*Pollini et al.*, 1993), il trattamento è stato effettuato in data 30 giugno con Meditation (2 lt/ha) e già nella settimana immediatamente successiva si è registrato un rapido decremento. Nello specifico caso sopra riportato, il modello di simulazione ha fornito un aiuto concreto nella programmazione degli interventi fitoiatrici, consentendone applicazioni mirate: un solo intervento, eseguito nel momento di reale necessità.

## **XI. c) *Frankliniella occidentalis***

Per brevità viene riportato il risultato della sperimentazione relativo ad un solo campo pilota sito nella provincia di Taranto. Il campo cui si riferiscono i dati è ubicato nel comune di Castellaneta. Esposto a Sud, ha una superficie aziendale coperta a vite pari a 3 ettari, di cui 1 sottoposto a monitoraggio. Le esecuzioni del modello previsionale sono iniziate a partire dalla prima settimana di aprile e sono proseguite sino alla fine di giugno. Contemporaneamente si è proceduto con il monitoraggio settimanale in campo per verificare l'attendibilità dell'output fornito dal modello. Nelle schede di rilevamento, tra le altre informazioni sull'azienda e sulla coltura, sono stati annotati i dati di presenza della popolazione infestante ed i dati relativi ai trattamenti antiparassitari eseguiti; con chiara indicazione della data di esecuzione, nonché del tipo e delle quantità di prodotti adoperati.

In data 12 maggio la coltura si è presentata in una fase fenologica di prefioritura pari al 20%, che si è portata all'80% nei 7 giorni successivi. Nello stesso periodo sopra indicato è stato effettuato un rilievo specifico sulle avversità, il quale ha prodotto esito negativo, dal momento che non è stata riscontrata la presenza di adulti di *Frankliniella occidentalis*.

La tradizionale "difesa a calendario", in tal caso, avrebbe richiesto di coprire comunque la coltura con prodotti fitoiatrici per tutto il periodo di prefioritura sino alla fase di fioritura; evento che, nel campo in questione, si è concluso intorno alla prima settimana di giugno. In tal caso si sarebbero anticipati i trattamenti di circa 10 giorni rispetto alle reali necessità riscontrate in campo e confortate dagli output forniti dal modello di simulazione. La prima comparsa di tripidi, infatti, si è verificata il 21 maggio, registrando peraltro poche unità per trappola. Nello stesso giorno in cui è stata riscontrata la comparsa di adulti di *Frankliniella*, è stata eseguita una simulazione con il modello previsionale ed è stata fatta un'interrogazione per i giorni successivi alla data di esecuzione. Il modello, utilizzando la banca dati delle temperature previsionali, segnalava alla data del 25 maggio il raggiungimento di  $352,555^0$  G e dunque il superamento



della sommatoria termica sensibile. Il dato è stato peraltro confermato dai rilievi eseguiti proprio in data 25 maggio sui 2 ha non sottoposti a sperimentazione ed attigui al campo pilota, dove sono stati ritrovati in media 44 adulti per trappola. Si precisa che i suddetti 2 ha sono stati trattati a partire dal 12 maggio con miscele di acaricidi ed insetticidi.

Per quanto concerne il campo sperimentale, l'intervento antiparassitario sulla vite è stato programmato sulla base dell'allarme visualizzato dal software. Sono stati eseguiti due soli trattamenti con insetticida Rufast; il primo il 24 maggio ed il secondo a distanza di 8 giorni dal precedente. I due interventi hanno avuto un riscontro valido sulla coltura, di fatti sono stati in grado di contenere il grado d'infestazione a livelli non temibili per la qualità e la resa del prodotto finale.

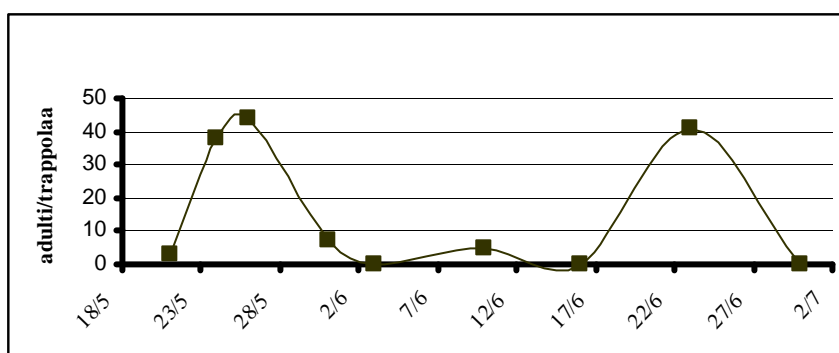


Fig.1- Andamento delle catture nei 2 ettari non sottoposti a sperimentazione

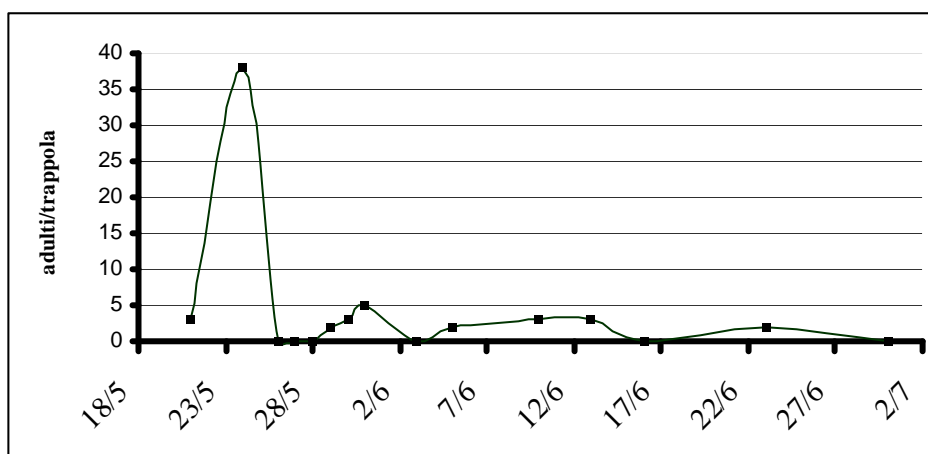


Fig. 2 – Andamento delle catture nel campo sperimentale

Nella sperimentazione condotta, il modello di simulazione per la *Frankliniella occidentalis* ha dimostrato la capacità di fornire una previsione reale della comparsa del fitofago

in campo. Le risposte fornite da un simile strumento, opportunamente interpretate e gestite dai tecnici che operano nel settore, possono essere impiegate con successo nella programmazione di strategie di difesa fitosanitaria. La possibilità di prevedere la comparsa di un'infestazione consente di ridurre la frequenza dei campionamenti, con conseguente riduzione dei costi di assistenza tecnica, nonché di concentrare i trattamenti nei periodi di maggiore rischio per la coltura, con notevole vantaggio per la qualità dei prodotti e per l'ambiente.

#### **XI. d) Rhagoletis cerasi**

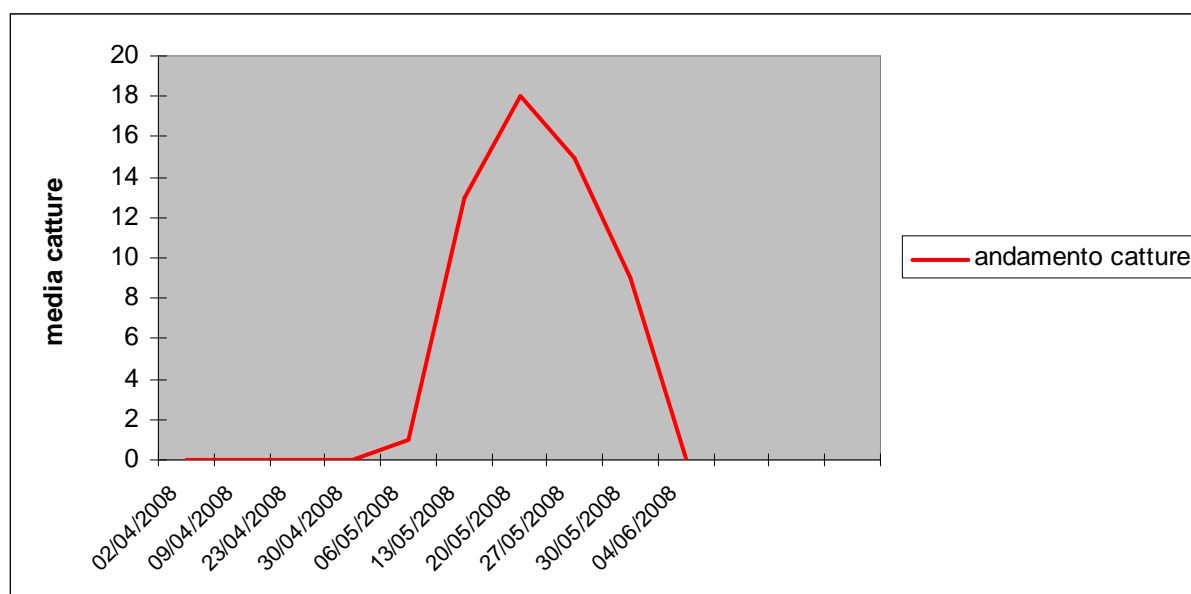
L'attività di monitoraggio, condotta nella sola provincia di Bari, è stata eseguita con 3 trappole Cromotrap/ha, dal marzo a giugno, come previsto da protocollo. Le catture sono risultate esigue durante l'intero periodo in cui sono stati effettuati i conteggi.

Peraltro, presenze significative sono state registrate solo nell'annata agraria 2008.

Le esecuzioni del modello previsionale, in tutte le aziende monitorate, hanno segnalato l'inizio del volo del fitofago alla metà di maggio e la fine del volo nell'ultima settimana di maggio, periodo in cui le catture hanno subito un lieve incremento.

Sebbene dai riscontri in campo sia stato opportunamente deciso di non intervenire con trattamenti di alcun genere, non si può negare la rispondenza tra dato atteso e dato ottenuto.

La indisponibilità di dati relativi ad annate precedenti non ha consentito ulteriori osservazioni, se non la possibilità di confermare la bontà della previsione, limitatamente all'annata 2008. Come si evince dal grafico sotto riportato, si è registrato un solo picco di volo e relative presenze; sapientemente gestite dai tecnici e dai consulenti delle aziende sottoposte a sperimentazione, che, come già accennato, hanno ritenuto opportuno non procedere con le tradizionali tecniche di copertura.



## **XI. e) *Myzus persicae***

In questo specifico caso, sono state riscontrate numerose difficoltà in tutti i campi pilota sottoposti a sperimentazione nelle 5 province pugliesi.

Innanzitutto, bisogna precisare che è stata registrata un'alta presenza del fitofago nel periodo di sperimentazione, nonché sottolineare la scarsa selettività delle trappole adoperate, che ha reso pressoché inutile il campionamento settimanale della popolazione infestante. Inoltre, tra una visita in azienda e la successiva, è stata spesso verificata la necessità di sostituire le trappole, oramai inservibili, con conseguente perdita di dati.

Pertanto, la valutazione ha riguardato essenzialmente la bontà dello strumento modellistico. Tuttavia, faremo comunque riferimento ad un caso specifico.

Come per i modelli previsionali precedenti, per brevità viene riportato il risultato della sperimentazione relativo ad un solo campo pilota, ubicato nella provincia di Foggia. Il campo è sito in località Candelaro, esposto a Sud, con una superficie aziendale coperta a vite pari a 2 ettari. Le esecuzioni del modello previsionale sono iniziate a partire dalla prima settimana di aprile e sono proseguite sino all'inizio del mese di luglio. Nello stesso periodo si è proceduto con il monitoraggio settimanale in campo. Nelle schede di rilevamento sono stati annotati i dati di presenza della popolazione infestante ed i dati relativi ai trattamenti antiparassitari eseguiti, con chiara indicazione della data di esecuzione, nonché del tipo e delle quantità di prodotti adoperati.

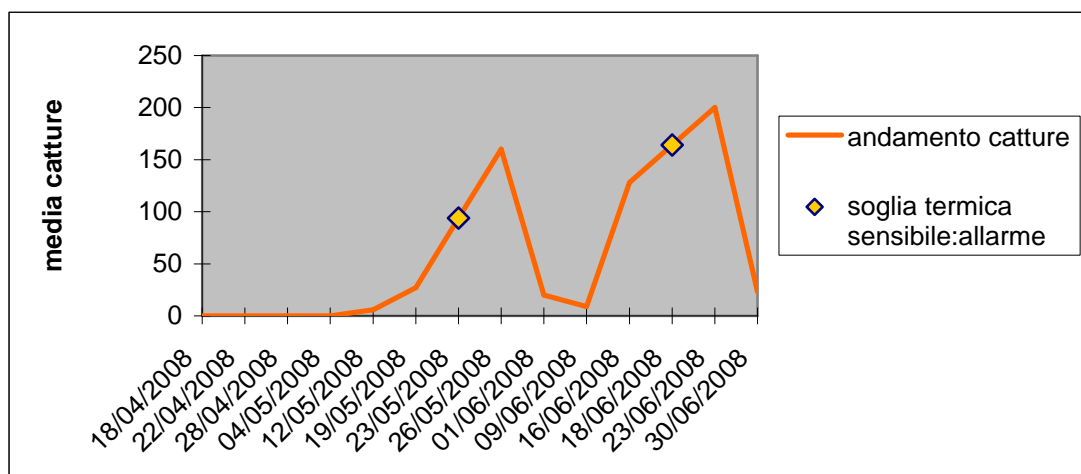
Seppure con le difficoltà sopra evidenziate, le prime comparse si sono verificate intorno all'ultima settimana di maggio, con presenze decisamente elevate, che si sono protratte, in maniera piuttosto costante, sino alla fine di giugno.

Le simulazioni lanciate dal software hanno continuato, da maggio fino a giugno, a segnalare una condizione di pericolo crescente, senza mai abbassare la soglia di allerta. In questo caso i trattamenti sono stati programmati essenzialmente sulla base dell'esperienza dei tecnici: ad inizio fioritura del primo palco, all'incirca alla metà di maggio, e nuovamente in corrispondenza

della fase di ingrossamento bacche del I, II, e III palco, orientativamente prima metà di giugno. La presenza degli afidi si è decisamente contratta subito dopo gli interventi e, in ogni caso, i dati relativi alla produzione, non hanno destato preoccupazioni per i gestori delle aziende.

Per il futuro, sarà indispensabile individuare mezzi di cattura più selettivi, in modo da facilitare il compito dei tecnici rilevatori, allo scopo di ottenere dati più precisi sulla presenza della popolazione infestante, che, a loro volta, andranno a confortare gli output suggeriti dal modello previsionale e la successiva pianificazione degli interventi di copertura.

Nel grafico viene illustrato l'andamento delle presenze in corrispondenza degli allarmi forniti dal modello previsionale.



## **XI. f) Aonidiella aurantii**

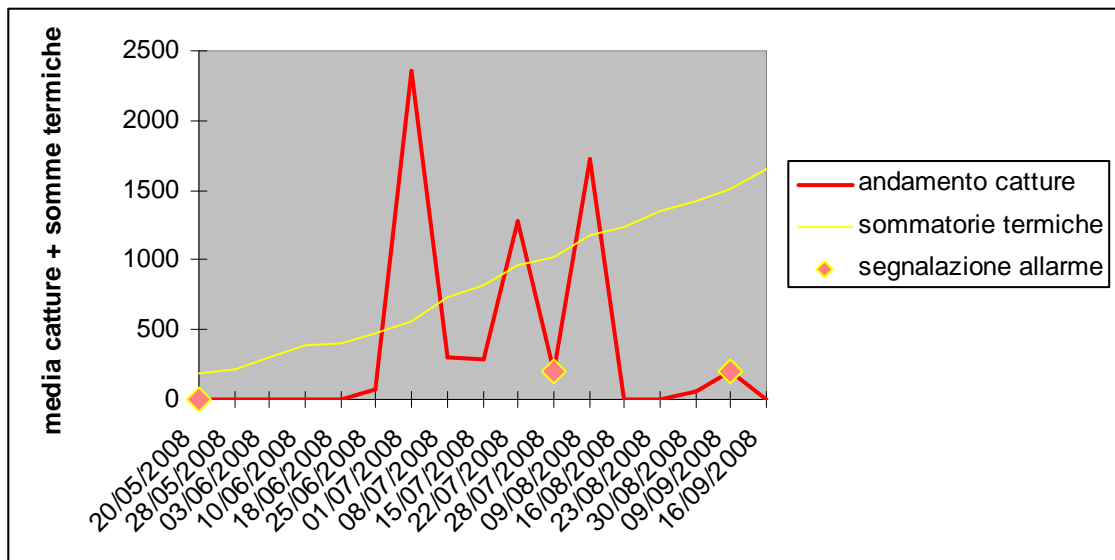
Il caso cui si fa riferimento riguarda la provincia di Lecce. La coltura è stata monitorata, come da protocollo, a partire dal mese di marzo sino a dicembre. Il modello, importato dall'ambiente siciliano, fornisce la previsione dei quattro voli del fitofago. In seguito alle elaborazioni dei dati forniti dalla sperimentazione, è stato constatato che il modello anticipa la previsione del primo volo di ben quattro settimane rispetto alla situazione realmente riscontrata in campo.

E' stato dunque necessario calibrare il modello, con conseguente spostamento dell'allarme in corrispondenza di una sommatoria termica maggiore: pertanto da 190<sup>0</sup> si è passati alla sommatoria di 500<sup>0</sup> gradi giorno.

Si noti, inoltre, che le presenze del fitofago sono tutte concentrate nel periodo che va dalla fine di giugno sino alla prima settimana di agosto, non consentendo la netta distinzione tra primo e secondo volo; pertanto si è deciso di mantenere sempre alta la soglia d'attenzione, pur lasciando invariati i parametri finora utilizzati per la previsione del secondo volo (1014<sup>0</sup> GG).

Il grafico che segue è stato elaborato sulla base dei dati provenienti dall'azienda sperimentale VENTURI, sita in località Nardò (Le), avente un'estensione di 4 ha e già monitorata per un periodo di 8 anni, precedenti alla sperimentazione.

Nella tabella che segue viene mostrato l'andamento delle catture al crescere delle temperature. Il grafico, elaborato secondo le sommatorie termiche importate dalla sperimentazione siciliana, pertanto ancora non sottoposte a revisione, conferma la necessità di nuovi parametri, così come individuati, per la previsione dei voli.



## **XII. CONCLUSIONI**

A seguito di tre anni di attività sperimentale si è potuta constatare l'efficacia del nuovo approccio metodologico che, basato sulla "lotta assistita dal modello di simulazione", ha consentito di superare le vecchie pratiche di difesa "a calendario" e di rendere mirati i trattamenti fitoiatrici, fino ad ottenere una sensibile riduzione numerica e di quantità impiegate di fitofarmaci con i conseguenti vantaggi sanitari ed ambientali.

Le soglie di intervento per la difesa delle colture, definite con l'impiego dei modelli sopracitati, hanno consentito di ridurre in modo significativo il numero di trattamenti chimici e, contemporaneamente, mantenere livelli produttivi in linea con le produzioni aziendali realizzate secondo i "Disciplinari di produzione integrata" della Regione Puglia. Ad esempio, nel caso della Frankliniella della vite, è stato possibile ridurre i costi e le applicazioni di prodotti chimici in vigneto mediamente del 40% durante il triennio del progetto. Questo risultato è stato ottenuto sia in un'annata a bassissima pressione della malattia (il 2006, con un risparmio del 60%), che in altri due anni ad alta e altissima pressione, durante i quali la protezione "secondo modello" ha comunque garantito produzioni non difformi dallo standard aziendale.

Anche nel caso della tignola dell'olivo le informazioni fornite dal modello hanno consentito di ridurre il numero di trattamenti anticrittogamici di circa il 50%, risultato medio ottenuto in un triennio dove si sono alternate annate molto favorevoli al fitofago ed annate decisamente sfavorevoli.

In generale, le linee di protezione suggerite dai modelli hanno garantito risultati produttivi in linea con le produzioni aziendali, determinando, complessivamente, una riduzione del 40% dei trattamenti fitosanitari.

E' stato verificato che il flusso di dati e di informazioni ha sempre permesso di fornire indicazioni appropriate ai tecnici responsabili dei campi-prova, in tempi utili per eseguire i trattamenti indicati dagli allarmi, forniti entro i termini stabiliti. Solo in un numero limitato di



casi gli interventi non sono stati effettuati tempestivamente, oppure sono stati realizzati secondo modalità diverse rispetto al protocollo sperimentale definito in fase di progettazione. L'ultimo anno di questa iniziativa è risultato particolarmente utile, in quanto ha permesso di affinare le metodologie e ottenere, quindi, un significativo sviluppo operativo, garantendo un miglioramento del servizio prestato a livello regionale.

Concludendo, il presente lavoro sperimentale di verifica dell'attendibilità dei modelli ha prodotto risultati assolutamente incoraggianti che vanno nella direzione di confermare l'efficacia di metodologie di previsione opportunamente contestualizzate e calibrate.

Il monitoraggio condotto nei siti sperimentali ha dimostrato che un'azione di assistenza al mondo agricolo basata sull'applicazione di modelli previsionali, può contribuire efficacemente a ridurre l'impiego di sostanze tossiche che si disperdono nell'ambiente. Inoltre, l'efficacia dei modelli previsionali semplici, basati sull'impiego di un ridotto numero di parametri garantisce l'applicabilità su ampia scala.

La circostanza che la necessità di ridurre i prodotti fitosanitari, oltre che essere sancita dal quadro normativo nazionale e comunitario è ormai avvertita dagli stessi operatori del settore che si mostrano sempre più disponibili all'adozione di strumenti di assistenza, configura uno scenario positivo ed incoraggiante.

## **XII. BIBLIOGRAFIA**

**Allen, J.C. (1976).** A Modified Sine Wave Method for Calculating Degree-Days. *Environmental Entomology*. 5(3):388-396.

**Andrewartha, H.G. and L.C. Birch. (1973).** The History of Insect Ecology. In *History of Entomology*, ed. R.F. Smith, T.E. Mittler and C.N. Smith, 229-266. Annual Reviews Inc., Palo Alto, CA.

**Baskerville, G.L. and P. Emin. (1969).** Rapid Estimation of Heat Accumulation from Maximum and Minimum Temperatures. *Ecology* 50(3):514-517.

**Castoro V., C. Pucci (1996)** Applicazione di un modello statistico di previsione della gravità dell'infestazione di *Bactrocera oleae* nell'ambiente olivicolo Materano: esperienze condotte nel biennio 1994-95. *Atti giornate Fitopatologiche*, 1996, I, 505 – 512.

**Casu A.P., Onorato M., Gerardi M.S. (1999).** Trappole a feromoni per Aonidella aurantii. *L'informatore Agrario* n. 32/1999.

**Cossu Q Antonio <sup>1</sup>, Gavino Delrio<sup>2</sup>, Giulio Di Cola<sup>3</sup>, Gianni Gilioli<sup>3</sup>** <sup>1</sup>Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna, <sup>2</sup>Istituto di Entomologia Agraria, Università degli Studi di Sassari, <sup>3</sup>Dipartimento di Matematica, Università degli Studi di Parma pubblicato sul sito internet: [www.sar.sardegna.it/mainpubblicazioni.html](http://www.sar.sardegna.it/mainpubblicazioni.html).

**Di Lena B, De Laurentis A. (1999).** Il servizio di difesa integrata delle colture in Abruzzo, *Supplemento all'informatore Agrario* 23/99, pag. 19-21.

**Di Lena B., De Laurentiis G., Di Minco G., Di Giovanni R., Angelucci S., D'Ercole L. (1999).** Verifica di un modello statistico di previsione dell'infestazione da *Bactocera oleae* Gmel. nei diversi ambienti olivicoli della Regione Abruzzo. *Atti "Metodi numerici, statistici ed informatici nella difesa delle colture agrarie e forestali"*. Sassari 19 – 22 maggio.

**Di Lena B., Angelucci S., De Laurentis G., D'Ercole L., Di Giovanni R., Di Minco G. (2000).** Verifica di un modello statistico di previsione dell'infestazione da *Bactocera oleae* Gmel – Attività condotta nel 1999 nelle principali aree olivetate in Abruzzo. Progetto Regionale Difesa Integrata anno 1999, ARSSA – Regione Abruzzo.

**Di Lena B., D'Ercole L., De Laurentis G., De Laurentis A. (2000).** Impiego di modelli statistici e previsionali per la difesa antidacica nella Regione Abruzzo. Atti del convegno “Domanda e offerta di agrometeorologia in Italia – Attualità e prospettive per il prossimo decennio, AIAM. Roma, 24 maggio.

**Dimitri P., Laricchia N., Scognamiglio G. (2000).** Il monitoraggio agrofienologico del ciliegio in Puglia. L'Informatore Agrario n. 16/2000.

**Grout T.G., W.J. Du Toit, J.H. Hofmeyer, G.I. Richards, (1989).** California red Scale (Homoptera: Diaspididea) Phenology on Citrus in South Africa. Journal of Economic Entomology 82:793-798. Conti D., Saraceno F., (1997). La cocciniglia forte rossa degli agrumi, L'informatore Agrario n. 11/97: 61 – 66.

**Jarisik V., Kolia M., Lapchin L., Rochat J., Dixon A.F.G. (1997).** Seasonal trends in the rate of population increase of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. Bulletin of Entomological Research, 87, 487 – 495, 1997.

**Jones, V. P., D. G. Alston, J. F. Brunner, D. W. Davis, and M. D. Shelton. (1991).** Phenology of the Western cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Utah and Washington. Ann. Entomol. Soc. Am. 84: 488-492.

**Laccone G., Guarino L. (1997).** La difesa dell'uva da tavola dai fitofagi. Supplemento a L'Informatore Agrario n. 50/1997.

**Logan S., Boyland P. (1983).** Calculating heat units via a sine function. Journal of American Society for horticultural science 108, 6: 977-980.

**Pizalis M. (1984).** Bioclimatology and insect development forecast: Degree days and phenophases of *Dacus oleae*, Proceedings of the CEC/FAO/IOBC International Joint Meeting, Pisa 3 – 6 April 1984.

**Pollini A., Ponti I., Laffi F. (1993)** Insetti dannosi alle piante da frutto. Edizioni L'Informatore Agrario.

**Pollini A. (1998)** Manuale di Entomologia Applicata. Edizioni Agricole della Calderini S.r.l. 1998.

**Pucci C. (1991).** Applicazione della tecnica dell'analisi canonica alla previsione dell'infestazione dacica. Atti del Convegno "Lotta patologica ed integrata per la difesa delle colture agrarie e delle piante forestali" Firenze 21 novembre 1991, pp. 49 – 61.

**Romani M. (1999)** Un biennio di monitoraggio nell'oltrepò Pavese: osservazioni sul ciclo biologico di *Rhagoletis cerasi*. L'informatore Agrario 22/99.

**Somma S., Ruggeri L. M., (1998).** Osservazioni sulla coltura in Puglia: *Frankliniella occidentalis* su vite da tavola. L'Informatore Agrario 18/98.

**Tae Ho Ro, Long Carrelle, Toba Harnold (1998).** Predicting Phenology of Green Peach Aphid (Homoptera Aphididae) using Degree-Day. Environmental Entomology, Vol 27, n° 2.

**Tumminelli R., Conti F., Saraceno F., Raqciti E., Schirlò E. (1996).** Seasonal development of California Red Scale (Homoptera: Diaspididae) and *Aphytis melinus* De Bach (Hymenoptera: Aphelinidae) on citrus in Easter Sicily in Proc. Int. Soc. Citriculture, 493 – 498, 1996.

**Tumminelli R., Conti D., Saraceno F. (1997).** La cocciniglia rossa forte degli agrumi. L'Informatore Agrario n. 11/1997.

**Tumminelli R., Amico C., Fisicaro R., Conti F., Saraceno F., Mazzone A. (2001).** Gestione della cocciniglia rossa forte degli agrumi. L'Informatore Agrario n. 19/2001.

**Tremblay E., V. Ferrara, P. Spigno, L. Concilio, G. Grasso, T. Guerriero, R. Lavorgna, A. Pizza, V. Sica, (1997).** Per dare una risposta al problema delle virosi delle ortive in Campagna: Un servizio di monitoraggio degli afidi per salvaguardare le colture orticole. L'Informatore Agrario 15/97

**Wilson, L.T. and W.W. Barnett. 1983.** Degree-Days: An Aid in Crop and Pest Management. California Agriculture. 37:4-7.

**Zalom, F.G., P.B. Goodell, L.T. Wilson, W.W. Barnett, and W.J. Bentley. 1983.** Degree-Days: The Calculation and Use of Heat Units in Pest Management. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Leaflet 21373.